

Aus der Orthopädischen Klinik und -Poliklinik der
Freien Universität Berlin (Oskar-Helene-Heim)
Direktor: Professor Dr. med. Alfred N. Witt.

Die Mechanik der Doppelfrakturen des Humerus

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Horst Oberholz
aus Berlin

1963

Aus der Orthopädischen Klinik und -Poliklinik der
Freien Universität Berlin (Oskar-Helene-Heim)

Direktor: Professor Dr. med. Alfred N. Witt

DIE MECHANIK DER DOPPELFRAKTUREN
DES HUMERUS

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Horst Oberholz

aus Berlin

Dekan: Professor Dr. med. Hugo Gasteiger

Referent: Professor Dr. med. Alfred N. Witt

Korreferent: Professor Dr. med. Emil S. Bücherl



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 3.12.1963

INHALTSVERZEICHNIS

- I Einleitung
- II Über die Entstehung der Frakturen
- III Über Humerusfrakturen
- IV Kasuistik der Humerusdoppelfrakturen
- V Diskussion über die Mechanik der Humerus-
doppelfrakturen anhand der gesammelten Fälle
- VI Zusammenfassung
- VII Literatur
- VIII Lebenslauf

EINLEITUNG

Die Schwierigkeiten, die bei der Anfertigung dieser Arbeit zu überwinden waren, begannen schon beim Lesen der Überschrift. Der Begriff "Doppel-, bzw. doppelt" findet sich erst seit dem 16. Jahrhundert in der deutschen Sprache. Er ersetzt seither häufig das Wort "zweifach". Zuerst waren beide Wörter gleichbedeutend. Heute unterscheidet man, aber nicht durchgehend so, daß "zweifach" verschiedene Begriffe, "doppelt" den gleichen Begriff noch einmal ausdrückt. (Ein einfaches Verbrechen (Mord und Raub) Ein Koffer mit doppeltem Boden). Grebe (Der große Duden, Band 4).

In der Literatur wird der Begriff Doppelfraktur nicht einheitlich gebraucht. Beispielsweise versteht man darunter Brüche an einem Extremitätenteil mit zwei Knochen wie dem Unterarm und bezeichnet einen Bruch von Radius und Ulna als Doppelfraktur. Auch der Bruch beider Oberarmknochen wird mit der gleichen Bezeichnung belegt. Doch selbst wenn nur ein Knochen gebrochen ist, wird der Begriff unterschiedlich gebraucht. Als Doppelbruch bezeichnet man sowohl Frakturen an zwei voneinander entfernten Stellen wie auch den Bruch an einer Stelle mit der Ausbildung von mehr als zwei Fragmenten. Als Hypothese für diese Arbeit forderten wir zwei unabhängig voneinander verlaufende Frakturlinien an einem Knochen.

Die Literaturangaben über Doppelfrakturen sind gering. Selbst in dem Werk von BÖHLER "Die Technik der Knochenbruchbehandlung" findet man keine Angaben. Allein E. DIRKSEN veröffentlichte 1885 eine Zusammenstellung der Doppelfrakturen unter dem Titel: "Über Doppelfrakturen der langen Knochen".

Auch Angaben über die Mechanik der Frakturen fehlen fast völlig. Der großangelegte Versuch, die Frakturmechanik exakt zu untersuchen, wurde durch den Tod von H. Zuppinger, Zürich, zunichte gemacht. Fragmente dieser Arbeit wurden von seinen Mitarbeitern im Jahre 1913 veröffentlicht. Bis heute hat sich kein Autor eingehender mit dem Problem der Fraktur-entstehung befaßt.

Statistische Angaben über die Beziehung zwischen Frakturmechanik und Frakturform konnten wir nicht finden. So mußten wir in dieser Arbeit auf zusammenfassende Äußerungen der Autoren zurückgreifen und diese miteinander vergleichen, da die Anfertigung eigener Statistiken den Rahmen dieser Arbeit gesprengt hätte.

Die Herstellung dieser Statistiken ist aber eine dringende Notwendigkeit, wenn der Stillstand der Forschung auf diesem Gebiet der Frakturlehre überwunden werden soll.

Möge diese Arbeit helfen, die Diskussion über die Probleme der Fraktur-entstehung wieder zu wecken.

ÜBER DIE ENTSTEHUNG DER FRAKTUREN

Wir können am Knochen Zonen verschiedener Dichte unterscheiden. An der Oberfläche findet sich eine Zone größerer Kompaktheit, die sogenannte Corticalis oder Kompakta. Im Innern findet sich ein unterschiedlich weites Netzwerk von feinen Knochenbälkchen mit dazwischengelagerten flüssigen und elastischen Elementen, die Spongiosa. Die Verteilung der Kompakta und Spongiosa wird durch die mechanische Beanspruchung des Knochens beeinflußt.

Histologisch besteht die Knochensubstanz aus einer Grundsubstanz und eingelagerten Kalksalzen. Werden die Kalksalze mit einer Säure entfernt, bleibt eine dehnbare und zugfeste Substanz zurück. Das bedeutet, daß die Kalksalze die Tragfähigkeit erhöhen. Sie ermöglichen es dem Knochen, größeren Druckkräften ohne ausgeprägte Änderung der äußeren Form Widerstand zu leisten. Die Relationen zwischen der Grundsubstanz und den Kalksalzen ändern sich im Laufe des Lebens. Im Alter nimmt die dehnbare Grundsubstanz und damit auch die Zugfestigkeit ab, wodurch leichter Frakturen auftreten können. In der Jugend dagegen ist das Verhältnis zu Gunsten der Grundsubstanz verschoben, auch das dehnbare Periost ist mächtiger und stellt für die Gesamtfestigkeit des Knochens einen bedeutenden Faktor dar.

Neben der Verteilung von Kompakta und Spongiosa ist auch die Form für die Festigkeit eines Knochens von Bedeutung. Knochen, die von allen Seiten Zug- und Druckbelastungen ausgesetzt sind, zeigen eine mehr homogene Struktur; Knochen, die überwiegend auf Längsdruck beansprucht werden, nähern sich der dieser Belastungsart am besten entsprechenden Form, der Röhre. Auf die Form der Knochen haben also die Muskelkräfte entscheidenden Einfluß.

Die Begriffe Druck und Zug sind nach Zuppinger für die Fraktur-entstehung von größter Wichtigkeit. Spannungen können nur in elastischen

Körpern entstehen. Die Eigenschaft der Elastizität besteht darin, daß die durch eine äußere Gewalt aus ihrer Ruhelage gebrachten Moleküle nach Aufhören der auf sie einwirkenden Kraft bestrebt sind, die Ausgangspositionen wieder einzunehmen, sofern nicht eine bestimmte Grenze, die sogenannte Elastizitätsgrenze, überschritten wurde. Wird diese Grenze bei spröden Körpern überschritten, so kommt es zur Trennung entlang einer Bruchfläche. Beim Knochen, der ebenfalls einen spröden Körper darstellt, kommt es zum Knochenbruch. In jedem Bruchstück kehren die Moleküle wieder in die Ausgangslage zurück. Wird diese Grenze nicht überschritten, so bewirkt eine auf einen elastischen Körper einwirkende Kraft eine Änderung im Abstand der Moleküle. Werden Moleküle einander genähert, so sprechen wir von Druck; werden sie voneinander entfernt, so sprechen wir von Zug. Dabei ist es durchaus möglich, daß ein Molekül sowohl unter einer Zug- wie auch einer Druckspannung steht, wenn es nämlich in der einen Richtung einem anderen Molekül genähert, in einer anderen Richtung jedoch von einem Molekül entfernt wurde.

Durch eine Druckspannung allein ist es unmöglich, eine Fraktur hervorzurufen, da wir die Moleküle ja einander nähern. Im Gegensatz zu Gasen, die sich zusammendrücken lassen, behalten alle Körper bei einer bestimmten Temperatur ein bestimmtes Volumen unverändert bei. Das heißt: Üben wir auf einen Körper in der einen Richtung einen Druck aus, nähern wir also Moleküle einander, so müssen sich die Moleküle zwangsläufig in einer anderen Richtung voneinander entfernen. Eine Druckspannung in der einen Richtung bewirkt eine Zugspannung in einer anderen Richtung. Diese Spannung wird als sekundäre Zugspannung bezeichnet. Die sekundäre Zugspannung verläuft immer senkrecht zur Richtung der Druckspannung.

Nur Zugspannungen können Frakturen hervorrufen, dann nämlich, wenn die Moleküle über eine bestimmte Grenze hinaus, der sogenannten Festigkeitsgrenze, voneinander entfernt werden. Wird diese Grenze überschritten, so verlieren die Moleküle die Möglichkeit, in die Ausgangslage

zurückzukehren und es tritt eine Trennung ein. Da unabhängig davon, ob wir einen Körper zusammendrücken oder auseinanderziehen, immer Zugspannungen auftreten, besteht auch immer die Möglichkeit, daß eine Fraktur entsteht; nur wird die Frakturebene im Falle eines Zuges, d.h. einer primären Zugspannung, senkrecht zur Richtung des Zuges verlaufen, während sie im Falle eines Druckes in Richtung des Druckes liegt, was durch die sekundär auftretenden Zugspannungen bedingt ist.

Neben den Begriffen der Zugspannung und Druckspannung gibt es noch einen dritten, die Schubspannung. Sie entsteht, wenn zwei Kräfte gegeneinander wirken, jedoch die Ansatzpunkte der Kräfte sich nicht genau gegenüber liegen, so daß die Moleküle, auf die sie wirken, aneinander vorbei geschoben werden. Frakturen dieser Art werden Schubfrakturen oder Abscherungsfrakturen genannt, weil der mechanische Vorgang dem beim Schneiden mit einer Schere gleicht. Die Bruchfläche steht bei dieser Art der Trennung der Schubrichtung parallel.

Beim Lebenden ist jeder Knochen Spannungen ausgesetzt, wodurch eine Knochenbildung überhaupt angeregt wird. Alle Muskelansätze stehen unter einer Zugspannung. Die Spannung wird von den Muskeln erzeugt und von den Sehnen auf den Knochen übertragen. Die Zugspannung entsteht in der Richtung des Sehnenverlaufs. Alle Röhrenknochen stehen unter Druckspannung. Die Richtung der Druckspannung läuft in Richtung der Längsachse der Röhre. Auch alle Gelenkflächen sind einer Druckspannung ausgesetzt, die Druckrichtung verläuft hier senkrecht zur Gelenkfläche (s. Zuppinger).

Um eine Fraktur durch Druck oder Zug hervorzurufen, sind immer zwei Kräfte nötig, da eine Kraft allein eine Fortbewegung in Richtung dieser Kraft veranlassen würde. Häufig jedoch wird eine Kraft durch statische Reibung hervorgebracht, so daß beispielsweise bei einer Zugspannung scheinbar nur eine Kraft wirkt.

Wir wollen nun die verschiedenen Möglichkeiten einer Frakturentstehung betrachten.

Wirken zwei gleichgroße parallele, aber entgegengesetzte Kräfte auf einen Knochen und wird dabei die Festigkeitsgrenze überschritten, so kommt es zur Zerreißung. Meist spricht man in diesem Zusammenhang von Abriß, da die Möglichkeit dieser Fraktur-entstehung besonders an den Sehnenansatzpunkten gegeben ist und meist im Vergleich zum gesamten Knochen nur ein kleines Stück ausgerissen wird.

Für die Entstehung von Biegungsbrüchen gibt es zwei Möglichkeiten: Erstens entstehen sie, wenn auf einen geraden Stab in der gleichen Ebene drei parallele Kräfte wirken, wobei die mittlere Kraft der Summe der beiden anderen Kräfte entspricht und diesen beiden entgegengerichtet ist. Zweitens können sie durch Längsbeanspruchung eines gekrümmten Stabes durch zwei gleichgroße entgegengesetzt gerichtete Kräfte hervorgerufen werden.

Wird ein Körper, beispielsweise ein Stab, gebogen, so kommt es an der konkaven Seite zum Auftreten von Druckspannungen, während an der konvexen Seite Zugspannungen entstehen. Zwischen diesen beiden verschiedenartigen Spannungen muß sich logischerweise eine Schicht befinden, die keinen Längsspannungen ausgesetzt ist und die deshalb auch als neutrale Schicht bezeichnet wird. Die Moleküle in den Spannungszonen haben das Bestreben, gegen diese spannungsfreie Schicht auszuweichen, was zu einer Abplattung des Querschnittes in Richtung der biegenden Kräfte führt - wenn wir die erste Möglichkeit der Entstehung eines Biegungsbruches betrachten -, und zu einer Verbreiterung des Querschnittes in der darauf senkrecht stehenden Richtung. Durch diese Querschnittsveränderungen treten sekundär Spannungen in der äußeren Schicht des Körpers auf. Dort, wo es zu einer Abplattung des Querschnittes kommt, wird die Krümmung der äußeren Schicht (Kortikalis) flacher, es treten zirkuläre Druckspannungen auf. An den Stellen der Querschnittsverbreiterung nimmt die Krümmung der Oberfläche zu, wobei zirkuläre Zugspannungen auftreten.

Kommt es zu einer Fraktur, so entsteht sie an der Stelle der höchsten Längsspannung, der Zugspannung auf der Höhe der konvexen Seite der Röhre und beginnt mit einem Einriß, der senkrecht zur Längsachse der Röhre steht. Breitet sich die Bruchfläche weiter aus, so gelangt sie in das Gebiet der zirkulären Zugspannungen im Bereich der Querschnittsverbreiterung. Die Frakturfläche biegt jetzt nach einer Seite, häufig nach beiden Seiten um, infolge der zirkulären Zugspannungen, da diese allein zu einer Bruchfläche führten, die in einer Ebene mit der Längsrichtung der Röhre läge. Sind die Bruchflächen vollständig ausgebildet, so wird ein in seitlicher Ansicht dreieckiges Stück auf der Konkavseite des Körpers ausgesprengt. Während der Frakturentstehung weicht die neutrale Schicht vor der Frakturfläche zur konkaven Seite hin aus.

Die oben beschriebene Art des Frakturverlaufes entspricht der beim normalen Knochen des Erwachsenen. Im Alter sind die Knochen spröder, da die elastischen Anteile des Knochens geringer geworden sind. Die Querschnittsdeformierung ist dementsprechend sehr gering und es treten kaum zirkuläre Zugspannungen auf. Die Knochen brechen mehr oder minder quer durch, weil die Bruchfläche keine Tendenz zum Ausweichen in die Längsrichtung des Knochens zeigt.

Häufig findet sich neben der Biegungsbeanspruchung noch eine Druckkomponente, da sich die Muskulatur im Augenblick des Unfalls stark anspannt.

Schub- oder Abscherungsfrakturen entstehen, wenn an einem Körper zwei entgegengesetzt gerichtete gleichgroße Kräfte angreifen, die Ansatzpunkte der Kräfte jedoch in einer Ebene liegen, die mit der Längsrichtung des Knochens nicht genau einen Winkel von 90 Grad bildet. Der erste Einriß entsteht an der Stelle, an der die Kraft unmittelbar auf den Knochen wirkt. Die Bruchfläche verläuft bis weit über die Mitte in Richtung des Schubes, um dann durch eine hinzutretende Biegungskomponente in einen Zacken auszulaufen.

In der Besprechung folgen jetzt die Kompressionsfrakturen. Am Oberarmknochen z. B. können zwei Arten der Kompression auftreten: Die Querkompression, die Kompression im eigentlichen Sinne, und die Längskompression, die meist als Stauchung bezeichnet wird. Primär entstehen bei der Kompression Druckspannungen, erst die sekundär auftretenden Zugspannungen führen zum Bruch. Am Oberarmkopf, der hauptsächlich aus Spongiosa besteht, ist die Situation unübersichtlich, die Spongiosalamellen brechen an der Stelle der höchsten Zugbeanspruchung. Man müßte zur Erklärung die Wirkung der Spannungen auf jede Lamelle kennen.

Am Schaft mit seiner röhrenförmigen Gestalt ist es einfacher. Zuppinger hat die auftretenden Veränderungen mit Hilfe einer Gummiröhre dargestellt. Er hat sie einer Längskompression ausgesetzt, was gleichbedeutend einer Verkürzung der Längsachse ist, und gesehen, daß es zu einer Ausbauchung der Röhre in ihrer Mitte kam. Die Verkürzung der Längsachse führt zu einer Vergrößerung der Querschnitte, da ja das Volumen des Körpers gleich bleiben muß. Damit kommt es in jedem Querschnitt zum Auftreten von radiären und zirkulären Zugspannungen. Dabei sind die radiären Spannungen gering, weil sie von der Schichtdicke des Querschnittes abhängig sind. Bei einem Stab, also bei einem kreisförmigen Querschnitt, sind sie wesentlich größer als bei einem ringförmigen, welchen wir bei einer Röhre haben. Die Bruchfläche wird also bei einer Längskompression des röhrenförmigen Oberarmknochens durch die zirkulären Zugspannungen hervorgerufen und steht demgemäß in der Ebene der Längsachse des Knochens - es entstehen Längsrisse. Die Längsrisse beginnen in der Mitte der Röhre, hier müssen die zirkulären Zugspannungen also am größten sein, und pflanzen sich weiter in Richtung der Enden des Knochens fort. Ist die Kraft stark genug, so kommt es zur Aussprengung von Fragmenten. Die zwischen den Längsrissen stehenden Knochenstreifen werden nach außen vorgewölbt, wobei bei seitlicher Betrachtung in jedem Streifen drei Krümmungen entstehen. Die starken Biegungen am Ende der Längsrisse können zu neuen Bruchflächen führen und es wird so ein Fragment ausgebrochen.

Beim jugendlichen Knochen kommt es besonders in der Gegend der Epiphysen nicht zur Bildung von Längsrissen, sondern es bilden sich aufgrund des Überwiegens der elastischen Anteile Wulstungen: Sogenannte Wulstfrakturen. Ist die Wulstung nicht zirkulär ausgebildet, so entsteht häufig auf der der Wulstung gegenüberliegenden Seite eine typische Bieungsfraktur.

Die Querkompression führt zu einer Abplattung des Querschnittes in der Ebene der einwirkenden Kräfte und zu einer Verbreiterung in der darauf senkrecht stehenden Ebene. Dadurch werden Druckspannungen in der Außenschicht der Kortikalis im Bereich der Abplattungen und Zugspannungen in der Kortikalis im Bereich der Querschnittsverbreiterung erzeugt. Wird die Elastizitätsgrenze überschritten, kommt es zu Frakturen, die im Bereich der Zugspannungen entstehen und in Form von Längsspalten auftreten. Im weiteren Verlauf der Bruchflächen kommt es zur Abweichung von der Längsrichtung, da ja nie der Idealzustand einer gleichmäßigen Wirkung zweier Kräfte von zwei verschiedenen Richtungen eintritt. Häufig treten diese Längsrisse bei Verschüttungen auf (Zupinger).

Wird ein Röhrenknochen an zwei Stellen entgegengerichteten Drehungen ausgesetzt, so entsteht eine Torsion, d. h. jeder Querschnitt des Körpers wird gegen den nächsten gedreht. Diese Drehung führt zur Annäherung von Molekülen in der einen Richtung, bei gleichzeitiger Entfernung der Moleküle voneinander in einer anderen Richtung. Es treten also Zug- und Druckspannungen auf. Die Zugspannungen verlaufen im Knochen wie überhaupt in spröden Materialien in einer Schraubenlinie, deren Projektion auf die Achse einen Winkel von 45 Grad bildet. Da nach Überschreitung der Elastizitätsgrenze der erste Einriß immer senkrecht zur Richtung der Zugspannungen verläuft, muß auch die Projektion der Bruchfläche auf die Längsachse des Knochens mit dieser einen Winkel von 45 Grad bilden.

Reine Torsionsfrakturen kommen praktisch nie vor. Immer ist die Torsion mit einer Biegung und Stauchung kombiniert. Zu einer Torquierung des Oberarmes kommt es beispielsweise, wenn auf den im Ellenbogengelenk rechtwinklig gebeugten Unterarm eine seitliche Kraft senkrecht zur Achse wirkt und diesen in einer horizontalen Ebene bewegt. Gleichzeitig wird der im Schultergelenk fixiert zu denkende Oberarm aber auch einer Biegung unterworfen, deren Konvexität auf der Seite liegt, von der die Kraft auf den Unterarm einwirkt. Auf der Höhe der Konvexität wird auch nach Überschreitung der Elastizitätsgrenze der erste Einriß erfolgen. Durch Biegung allein hervorgerufen, stände die Bruchfläche senkrecht zur Achse, durch Kombination mit der gleichzeitig wirkenden Torsion verläuft sie in einer Ebene, die einen Winkel zwischen 45 und 90 Grad mit der Längsachse bildet. Der Winkel ist größer, wenn die Biegung, kleiner, wenn die Torsion überwiegt. Tritt die Bruchfläche in den Bereich der durch die Biegung entstandenen zirkulären Zugspannungen - würden sie allein zur Fraktur führen, entstünden Längsrisse -, so nimmt sie einen steileren Verlauf und bildet mit der Längsachse des Oberarmes einen Winkel zwischen 0 und 45 Grad.

Da es bei den meisten Frakturereignissen zu Abwehrreaktionen kommt, spannt sich die Muskulatur stark an. Es kommt zu einem starken Längsdruck, wodurch, wie wir gesehen haben, zirkuläre Zugspannungen auftreten, die eine Stauchungsfraktur anstreben. Bei der Stauchungsfraktur entstehen Bruchflächen in der Längsrichtung des Knochens; eine Kombination mit den bei der Torsion auftretenden Kräften führt also ebenfalls zu Bruchflächen, die steiler als 45 Grad ansteigen. Der erste Einriß wird allein durch Biegungskräfte hervorgerufen, erst im weiteren Verlauf der Bruchfläche wirken Torsions- und Stauchungskräfte mitbestimmend.

Hat die Bruchfläche die Ausdehnung des halben Umfangs, so wird der Rest durch Biegungskräfte allein gebrochen, wodurch eine neue Bruch-

fläche entsteht, die die Spitzen der ersten miteinander verbindet. Häufig setzt sich die erste Bruchlinie noch schraubenförmig über den Schnittpunkt der beiden Bruchflächen hinaus fort.

ÜBER HUMERUSFRAKTUREN

Nach Preiss beträgt der Anteil der Oberarmfrakturen bezogen auf alle Knochenbrüche gleichbleibend ca. 2%, bei Kindern ungefähr 5%. Bei der Besprechung der Frakturen am Oberarm wollen wir zunächst drei große Gruppen unterscheiden: Die Frakturen am oberen Ende, die Frakturen der Diaphyse und die Brüche am unteren Ende, und sie dann mit den auslösenden Ursachen in Beziehung bringen.

Die Brüche am oberen Ende:

Die Brüche des Oberarmkopfes werden nach Meinung der meisten Autoren durch direkte Gewalt hervorgerufen, durch Sturz auf die Schulter oder durch das Auffallen einer Last auf dieselbe. Bei älteren Menschen wird einer Kopffraktur auch durch Einkeilung der Kompakta der Diaphyse in die Spongiosa des Kopfes hervorgerufen, wobei der Kopf dann auseinanderplatzt. Nach Gurlt (Zweiter Teil, S. 659) ist eine Kopffraktur auch durch indirekte Gewalt durch Fall auf den Ellenbogen möglich.

Ein Abriß des tuberculum majus, an dem die Auswärtsroller des Oberarmes ansetzen (m. supraspinatus, m. infraspinatus und m. teres minor) kommt meist bei einer Luxation des Oberarmkopfes zustande, wenn diese nach vorn innen oder unten stattfindet, also durch direkte Gewalt.

Ein Bruch durch das collum anatomicum, welches noch völlig innerhalb des Kapselbandes liegt, ist ein seltenes Ereignis und findet sich fast ausschließlich bei Patienten im höheren Alter und wird durch direkte Gewalt wie Fall auf die Schulter ausgelöst (Gurlt, Baumecker,

Hamilton). Hoffa und Stetter schließen die Entstehung dieser Fraktur durch indirekte Gewalt nicht aus, geben jedoch keine Beispiele.

Brüche im Bereich des collum chirurgicum, also im Bereich der Ansatzstellen der mm. pectoralis major, latissimus dorsi und teres major werden sowohl durch direkte wie auch indirekte Gewalten ausgelöst. Dabei ist auffällig (Gurlt II, S. 708; Stetter), daß die durch indirekte Gewalt hervorgerufenen Frakturen schräg verlaufen und meist bei Individuen im mittleren und jugendlichen Alter auftreten. Während die durch direkte Gewalt ausgelösten Brüche meist quer verlaufen und vornehmlich bei bejahrten Personen zu finden sind. Mebes sah nie eine Fraktur des Halses durch indirekte Gewalt entstehen, wenn der Oberarm vom Körper entfernt war, sondern dann fand er gewöhnlich eine Luxation des Oberarmes.

Brüche des Mittelstückes:

Das Mittelstück (gemeint ist der Teil des Oberarmknochens, der nach oben durch den chirurgischen Hals, nach unten durch eine Linie oberhalb der Condylen begrenzt ist) bricht sowohl durch direkte Gewalten wie Stoß, Schlag und Druck, als auch durch indirekte wie Fall auf die Hand oder den Ellenbogen. Dabei überwiegen die durch direkte Gewalten ausgelösten Frakturen (Pick, Hamilton). Mebes schreibt: Eine Fraktur des corpus humeri wird meist durch eine Kraft, die unmittelbar auf den Arm wirkt, seltener durch einen Fall auf die flache Hand, noch seltener durch einen Fall auf den Ellenbogen hervorgerufen.

Brüche am unteren Ende:

Eine Querfraktur oberhalb der Condylen entsteht meist durch eine indirekte Gewalt, durch Fall auf den Ellenbogen, wobei die Kraft auf die Spitze des Ellenbogens wirkt (Pick, Hoffa, Hamilton, Gurlt). Schinz und Baumecker unterteilen diese Frakturen weiter in supracondyläre Extensions- und Flexionsfrakturen, wobei die Extensionsfraktur durch starke Überstreckung (Extension) zustande kommen soll. Die Frakturebene steigt von ventral nach dorsal an. Baumecker zählt die

Flexionsfrakturen zu den direkten Frakturen. Selten entsteht diese Fraktur durch direkte Gewalt, etwa durch Überfahrenwerden; es liegen dann meist ausgedehnte Zertrümmerungen vor (Gurlt, Richter). Die seltenere Flexionsfraktur hat eine Frakturebene, die von dorsal nach ventral ansteigt.

Frakturen im Bereich der Condylen:

Hamilton erklärt die Fraktur des inneren Epicondylus durch starken Muskelzug bei einem Fall auf die Hand. Nach Meinung der meisten Autoren entstehen Condylenbrüche durch direkte Gewalt.

KASUISTIK DER HUMERUSDOPPELFRAKTUREN

I. G. H.-B, 56 Jahre (Kr.Nr. 92/59; RÖ.1187/59)

Unfallhergang: Am 5.4. im eigenen Hause die Kellertreppe hinuntergestürzt, dabei auf den li. Ellenbogen und die linke Schulter geschlagen.

Sofortige Einweisung in auswärtige chir. Abteilung, dort Diagnose einer Fraktur im Bereich des linken Ellenbogengelenkes, Reposition, zirkulärer Oberarmgipsverband. Am nächsten Morgen starke Schwellung des Unterarmes und der Hand, Gips am Unterarm gespalten; abends Zunahme der Schwellung, völliges Aufspalten des Gipses bis zum Oberarm.

Am 9.4.59. Vorstellung bei Professor Witt. Sofortige stat. Aufnahme.

Befund: 56jähr. etwas adipöser Mann.

Li. Arm:

Ober- und Unterarm stark geschwollen mit zahlreichen bis kindhandtellergrößen bullösen Abhebungen. 1 cm lange genähte Op-Wunde über dem linken Olekranon. Hand und Finger frei beweglich, keine motorischen, keine sensiblen Störungen. Ausgedehnte Blutergüsse im Bereich der linken Schulter, der linken vorderen Thoraxseite sowie im Bereich der li. Clavicula. Hochgradiger Bewegungsschmerz im li. Schulter- und im li. Ellenbogengelenk. Deutliche Krepitation und abnorme Beweglichkeit im distalen Oberarmabschnitt. Ausgedehntes Haematom über der linken Iliosakralgegend mit Ausdehnung in das linke Gesäß.

Röntgen.

Y-förmige Trümmerfraktur der Humeruskondylen links mit starker Dislokation und Auseinandertreiben der beiden Kondylen. Der Humerus ist nach hinten unten disloziert, die Gelenkflächen sind inkongruent.

Linke Schulter in zwei Ebenen. Subkapitale Humerusfraktur mit partieller Zertrümmerung des Oberarmkopfes, Absprengung eines Knochenteils im subkapitalen Humerusteil. Dislokation des proximalen Endes nach hinten unten.

Diagnose:

Komplizierte Trümmerfraktur der Oberarmkondylen links. Trümmerfraktur des linken Oberarmkopfes mit erheblicher Dislokation.

Prellung der linken Thoraxseite und der linken Gesäßhälfte. Bei genauer Befragung erklärt der Patient, er sei vier Stufen einer Kellertreppe kopfüber hinuntergestürzt und mit dem Ellenbogen zuerst auf die Fliesen des Kellerbodens aufgeschlagen. Der linke Arm sei unter dem Körper zu liegen gekommen. Ein Knochensplitter hätte die Haut im Bereich des Ellenbogengelenkes durchstoßen.

II. G., E. 69 Jahre (Kr.Nr. 2285/58 Rö. 80a/59)

Unfallhergang: Am 3.1.59 gegen 14 Uhr stürzte die Patientin in der Schaufensterpassage von Möbel-Jahn. Sie fiel auf die rechte Schulter und konnte den rechten Arm nicht mehr bewegen. Wurde von der Feuerwehr ins Westend-Krankenhaus überführt.

Wurde am 4.1.59 hierher verlegt.

Lokalbefund: Nach Abnahme des Desault-Verbandes: Schwellung, Haematom und starker Druckschmerz im Bereich der prox. Oberarmhälfte. Deutliche Krepitation.

Röntgen:

Mitgebrachte Aufnahmen zeigen eine Stückbruchfraktur des re. Oberarmschaftes im oberen und mittleren Drittel mit Dislokation der Fragmente.

Diagnose: Stückbruchfraktur.

III. H., A. 24 Jahre (Kr.Nr. 1295/61 Rö. 1285a/61)

Unfallhergang: Am 13.6.61 unterwegs in seinem VW auf der Ost-West-Achse war die Ampel an der Ecke Bismarck-Wilmersdorfer Str. von grün eben auf gelb gesprungen. Er befand sich in voller Fahrt und wollte die Straßenkreuzung noch mit Vollgas passieren. Er prallte dabei auf einen eben anfahrenden Lastzug auf. Sofortige Einlieferung in das Westend-Krankenhaus, wo um 11 Uhr 100 mg Dolantin i. m. und etwas später

50 mg Dolantin i. v. verabreicht wurden. Der Oberarm wurde mit einer Kramer-Schiene ruhiggestellt und auf Wunsch des Vaters erfolgte die Verlegung zu uns am selben Tag 13,30 Uhr.

Lokalbefund:

Der linke Oberarm ist in einer dorsalen Kramer-Schiene ruhiggestellt, er sei nicht bewußtlos gewesen, habe nicht erbrochen. Die Kramer-Schiene wird entfernt: Deutliche Zeichen eines Oberarmschaftbruchs links sind vorhanden. Die Finger können nicht gestreckt werden, es wird eine Herabsetzung der Berührungsempfindung auf der Streckseite der ersten 2 1/2 Finger links angegeben, ebenso kann die linke Hand im Handgelenk nicht gehoben werden. Habe nicht geblutet aus Mund und Ohren, aber aus der Nase. Sei kurz benommen gewesen. Jetzt noch im Schock 40 mg Urbason i. m.

Rö. li. Oberarm in zwei Ebenen: Schaftbruch in der Mitte des Oberarmes mit Aussprengung eines kleinen Biegungskeiles und geringer Verschiebung der Bruchstücke.

Diagnose: Oberarmbruch links mit Radialisparese.

16.6.61. Neurolyse des Radialis: Marknagel li. Oberarm 27 cm langer Nagel vom Tab. majus aus eingetrieben.

IV. J., H. 72 Jahre (Kr.Nr. 49/61 Rö. 21a/61)

Unfallhergang: Am 4.1.61 sei die Patientin vor der Haustüre vom Hund umgerissen worden und mit dem re. Arm auf eine Eisenstange gefallen. Sie habe sofort Schmerzen im bewegungsunfähigen re. Arm gehabt. Sofort Einweisung über Unfallambulanz des Oskar-Helene-Heimes.

Befund:

Ausgedehntes Haematom am re. Oberarm, Schwellung, pathologische Beweglichkeit, Krepitation. Starker Bewegungsschmerz. Bewegungsunfähigkeit. Peripher keine Nerven- oder Durchblutungsstörungen.

Röntgen:

Trümmerbruch des Humerusschaftes, der bis in den Kopfbereich geht, stärkere Achsenknickung.

Diagnose: Oberarmtrümmerfraktur rechts.

V. K., B. 47 Jahre (Kr.Nr. 2091/54 RÖ. 18/24, 138/55)

Unfallhergang: Am Morgen des Aufnahmetages hörte die Zeitungsfrau die Patientin in ihrer Wohnung stöhnen, benachrichtigte deren in der Nähe wohnende Tochter, und diese holte den Arzt. Der Arzt stellte einen Oberarmbruch links fest. Die Patientin selbst hat an den Unfall keinerlei Erinnerungen. Sie hält für möglich, daß sie "blau" gewesen ist. Die Tochter gibt zu dem Vorfall an, daß die Mutter am Abend des Vortages Besuch von ihrem "Bekannten" gehabt habe, und daß es anschließend möglicherweise zu Tötlichkeiten mit der Frau des Bekannten gekommen sei. RÖ.-Untersuchung im Urban-Krankenhaus, von da wegen Platzmangels zu uns.

Lokalbefund:

Kleine Kratzwunde auf der Stirn, kleines Haematom an der Stirn links, Haematom über der Patella re. und über dem ganzen Schienbein links. Dort kein Anhalt für Frakturen. Linke Schulter: Starke Schwellung und starkes Haematom über dem linken Oberarm vom Schultergelenk bis Oberarmmitte. Vorwiegend auf der Streckseite. Der Arm kann im Schultergelenk aktiv nicht bewegt werden. In Oberarmmitte besteht Krepitation und abnorme Beweglichkeit. Über dem Ellenbogengelenk kein Anhalt für Fraktur. Hand- und Fingergelenke frei beweglich. Radialispuls gut tastbar. Keine Sensibilitätsstörungen.

Röntgen:

Linker Oberarm in zwei Ebenen. A. p.: Subcapitale Humerusfraktur, Humerusschaftfraktur im oberen Drittel; Verkürzung um ca. 2 cm. Seitliche Abweichung um mehr als Schaftbreite.

Seitliche Aufnahme: Die Subcapitale Fraktur ist nicht abgeknickt, die Schaftfraktur ist beugewärts um ca. 35 Grad abgeknickt.

Diagnose: Subcapitale Humerusfraktur und Humerusschaftfraktur links.

VI. R., H. 46 Jahre (Kr.Nr. 443/56 RÖ.18/24, 512a/56)

Unfallhergang: Am 21.5.56 gegen 6,30 bei einem Ausflug im Grunewald vom Rad gestürzt und den li. Arm verletzt. Vom Pkw hierhergebracht worden.

Befund: 46jährige Patientin in gutem EZ. und KZ.

Lokalbefund:

Schwellung, Haematom und Druckschmerz im Bereich des linken Ellenbogengelenkes und unterem Drittel des Oberarmes.

Röntgen:

Linker Oberarm in zwei Ebenen, li. Ellenbogen a.p.: Oberarmschaftquerfraktur am Übergang vom mittleren zum unteren Drittel mit Achsenknickung nach dorsal, Verkürzung um 2 cm und Seitenverschiebung um Schaftbreite. Transcondyläre Humerusfraktur, den medialen Condylus durchziehend und bis in die Gelenkslinie reichend mit leichter Stufenbildung der Humerusgelenkfläche im Ellenbogengelenk.

Diagnose:

Oberarmschaftfraktur und Ellenbogengelenksfraktur.

VII. Sch., H. 48 Jahre (Kr.Nr. 1769/56 RÖ.1386a/59)

Unfallhergang: Am 5.10.56 zwischen Barcelona und Valencia mit dem Auto verunglückt, Patient wurde aus dem Wagen geschleudert (Schiebedach). Kann sich an Einzelheiten des Unfalles nicht mehr erinnern. Im Krankenhaus Valencia Erstversorgung mit Thoraxarmgips in Abduktionsstellung links. Acht Tage stationärer Krankenhausaufenthalt. Transport mit dem Flugzeug nach hier.

Lokalbefund:

Ist nicht genau zu erheben, da eine Manipulation im Bereich der Fraktur vermieden wird.

Röntgen:

Trümmerfraktur des linken Oberarmkopfes mit Retroflexion des distalen Humerusfragmentes. Diacondylärer-Y-förmiger Bruch des linken Humerus.

Diagnose: Trümmerfraktur li. Schulter, diacondyläre Fraktur linker Humerus. Commotio cerebri.

VIII. W., B. 79 Jahre (Kr.Nr. 473/61 RÖ. 480a/61)

Unfallhergang: Am 24.2.61 stürzte Pat. im Treppenhaus und schlug auf die linke Seite, sofort heftige Schmerzen im linken Arm. Die stationäre Aufnahme erfolgte über die hiesige Unfallambulanz.

Lokalbefund:

Linker Oberarm: Druckschmerz, Haematom, Functio laesa im oberen Drittel des linken Oberarmes. Schulterbeweglichkeit sowie Beweglichkeit im Schultergelenk schmerzhaft eingeschränkt. Linker Ellenbogen: Druckschmerz über dem capitulum humeri, Functio laesa.

Röntgen:

Trümmerfraktur des linken Humerus subcapital, Fraktur des capitulum humeri mit Dislokation beugeseitenwärts.

Diagnose:

Subcapitale Humerusfraktur li., Fraktur des capitulum humeri links. Auf Befragung sagt die Pat., sie sei 5-6 Stufen hinuntergefallen. Ein Hausbewohner erklärt: Frau Weber lag auf dem Treppenabsatz, die Füße noch auf der Treppe, der linke gebrochene Arm war vorgestreckt, der Kopf lag auf diesem Arm. Die Pat. selbst lag auf der linken Seite.

IX. v.W., K. 71 Jahre (Kr.Nr. 1580/58 RÖ. 2325a/58)

Unfallhergang: Am 2.10.58 gegen 20.15 Uhr bei Bekannten im Vorgarten gestolpert, gestürzt, re. Oberarm, beide Knie und Stirn verletzt.

Lokalbefund:

Schwellung, Druckschmerz, Krepitation, abnorme Beweglichkeit dicht unter dem Schultergelenk und in Schaftmitte. Keine Durchblutungsstörung.

Röntgen:

re. Oberarm: Oberarmkopfbuch ohne wesentliche Dislokation. Schrägfraktur in Schaftmitte mit Dislokation des distalen Fragmentes nach medial.

Diagnose: Oberarmkopf- und Schaftfraktur rechts.

X. M., J. 59 Jahre (Kr.Nr. 498/63 RÖ.581a/63)

Unfallhergang: Am 21. Febr. 1963 ist die Patientin infolge Glätte auf der Straße ausgerutscht und auf den Rücken gefallen; dabei stützte sie sich mit dem linken Arm ab und verletzte sich diesen.

Nach Erstversorgung im Westend-Krankenhaus wird die Patientin nach telefonischer Rücksprache ins Oskar-Helene-Heim verlegt.

Lokalbefund:

Ein Lokalbefund kann zur Zeit nicht erhoben werden, da die Patientin mit einem Gipsverband zu uns aus dem Krankenhaus Westend kam.

Röntgen:

Nach mitgebrachten Aufnahmen vom Krankenhaus Westend:

Es liegt eine Humerusschaftfraktur im mittleren Drittel vor. Die Bruchflächen verlaufen gerade und sind etwas verzahnt. Außerdem findet sich ein Abriß des Condylus ulnaris humeri.

Diagnose:

Oberarmschaftquerfraktur links. Abbruch des Condylus ulnaris humeri links.

DISKUSSION ÜBER DIE MECHANIK DER DOPPELTEN HUME- RUSFRAKTUREN ANHAND DER GESAMMELTEN FÄLLE

In einem vorhergehenden Kapitel haben wir uns mit der Entstehung von Knochenbrüchen im allgemeinen befaßt. Die gesammelten Kenntnisse wollen wir nun in diesem Kapitel auf die in der Kasuistik zusammengetragenen Fälle beziehen und sehen, ob sich der Mechanismus der Doppelfrakturen mit einiger Sicherheit erklären läßt.

Wir wollen unsere Fälle im einzelnen durchsprechen.

Fall I: Auf den angefertigten Röntgenbildern konnten mehrere Frakturen festgestellt werden:

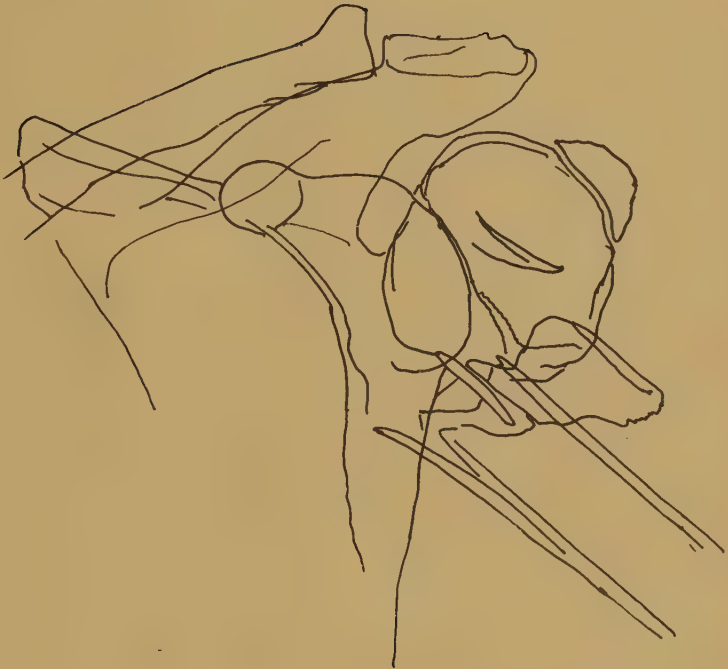
Auf der radio-ulnaren Aufnahme des linken Ellenbogengelenkes findet sich neben einer diakondylären Frakturlinie eine Frakturlinie knapp oberhalb des Condylenmassivs, die von dorsal nach ventral ansteigt. Das Condylenmassiv ist stammwärts und beugeseitenwärts verschoben und um 45 Grad abgewinkelt. Die Diaphyse läuft distal-dorsal in ein scharfes Ende aus, das dicht innerhalb der Grenze des Weichteilschattens liegt.

Die ventro-dorsale Aufnahme des linken Ellenbogengelenkes zeigt eine Trümmerfraktur im Bereich der Condylen. Die Frakturlinie verläuft y-förmig, der innere und der äußere Condylus sind voneinander und von der Diaphyse getrennt; zwischen den Condylen liegen noch einige kleinere Bruchstücke. Der innere Condylus ist nach cranial und medial, der äußere nach lateral verschoben und deutlich nach innen abgekippt.

Bei der Fraktur im Bereich des Ellenbogengelenkes handelt es sich also um eine Flexions-Trümmerfraktur im Bereich der Condylen mit Verschiebung der Bruchstücke nach medial, ventral und cranial.

Auf der ventro-dorsalen Aufnahme des linken Schultergelenkes findet sich eine schräg verlaufende Frakturlinie im Bereich des collum chirurgicum, die von lateral nach medial ansteigt. Der proximale Teil der Diaphyse ist gegen den Humeruskopf nach medial abgewichen. Oberhalb die-





I. Ventro - dorsale
Aufnahme



I. Axiale Aufnahme

ser Frakturlinie findet sich ein dreieckiger abgesprengter Teil der Diaphyse, der nach lateral ausgewichen ist. Den Humeruskopf durchläuft eine Längsfraktur etwas medial von der Mittellinie. Ein kleines abgesprengtes Knochenstück liegt in Deckung mit dem Kopf. Das tuberculum majus ist abgerissen und gering nach cranial verschoben. Eine auffällige Stufe im Bereich des Acromioclaviculargelenkes läßt auf eine Sprengung des Gelenkes schließen.

Auf der axialen Aufnahme ist der Schaft teilweise in den Kopf projiziert. Der Schaft ist um mehrere Millimeter nach dorsal verschoben und nach dorthin abgewinkelt. Unter dem tuberculum minus liegen mehrere Knochensplinter.

Im Bereich des Schultergelenkes haben wir nach dem vorher Gesagten eine Schrägfraktur mit Knochenaussprengung im chirurgischen Hals, eine Fraktur des Humeruskopfes in der Längsrichtung des Knochens und eine Absprengung des tuberculum majus. Ferner liegt eine Stufe im Bereich des Acromioclaviculargelenkes vor. Das erwähnte ausgesprengte Knochenstück im Bereich des collum chirurgicum ist nach lateral und ventral verlagert.

Beginnen wir die Besprechung der Bruchmechanik mit der Fraktur im Bereich des Ellenbogengelenkes. Es handelt sich hier um eine Trümmerfraktur, die nach Meinung der meisten Autoren durch eine direkte Gewalt zustande kommt. Der Verlauf der Bruchfläche auf der radio-ulnaren Aufnahme ist typisch für eine Flexionsfraktur, auch die Verschiebung der distalen Fragmente spricht dafür. Der Humerus müßte also, um die Fraktur hervorzubringen, mit einiger Gewalt mit der dorsalen Fläche des Condylenmassivs auf den Kellerboden aufgeschlagen sein, wenn wir die Angaben des Patienten über den Unfallhergang berücksichtigen.

Da bei gestrecktem oder leicht gebeugtem Arm immer das Olekranon als vorstehender Knochenpunkt imponiert, es in unserem Falle aber nicht verletzt ist, müssen wir eine stärkere Beugung des Vorderarmes bei der Entstehung des Unfalles annehmen.

Während des Unfallgeschehens ist es zu einer Durchspießung der Haut im Bereich der Streckseite des Ellenbogengelenkes durch das relativ spitz zulaufende distale Ende der Diaphyse gekommen. Um die Haut zu durchbohren, ist ein gewisser Winkel zwischen dem proximalen Bruchende und der Bodenfläche nötig, ohne den es eher zu einer Zerquetschung, denn zu einer Durchspießung der Haut kommt. Wir müssen also zur Erklärung der Bruchmechanik neben einer Berührung der dorsalen Fläche des Condylenmassivs mit dem Boden und einer Abwinkelung des Vorderarmes auch einen gewissen Anstellwinkel der Längsachse des Oberarmes mit der Bodenfläche fordern, beispielsweise 45 Grad, d.h. den Winkel, den die distalen Fragmente mit der Längsachse des Humerusschaftes bilden; wenn man dabei auch berücksichtigen muß, daß durchaus eine Änderung des Winkels nach dem Unfall durch Muskelzug und den Transport eingetreten sein kann.

Auf der ventro-dorsalen Aufnahme sehen wir eine Abwinkelung des Condylenmassivs nach medial. Während normalerweise die Querachse des Condylenmassivs (eine Linie, die durch die am weitesten von der Längsachse des Oberarmknochens entfernten Punkte des Condylenmassivs gelegt ist) mit der Längsachse des Humerus einen Winkel von ca. 90 Grad bildet, ist hier das Condylenmassiv um ca. 30 Grad nach medial abgewinkelt. Wenn wir auch hier wieder annehmen, daß diese Abwinkelung zur Zeit des Aufpralls entstanden ist und wir fernerhin die im Lokalbefund erwähnten ausgedehnten Blutergüsse an der linken vorderen Thoraxseite berücksichtigen, sowie ihre Entstehung durch den Aufprall auf den Kellerboden bzw. auf den linken Arm erklären, so ist die Stellung des Armes zum Kellerboden und zum Rumpf ziemlich genau festgelegt. Der Arm war über die Horizontale eleviert und adduziert.

Bei den Aufnahmen des Schultergelenks wurde eine Schrägfraktur im Bereich des collum chirurgicum beschrieben, die mit Aussprengung eines dreieckigen Stückes nach lateral und ventral verbunden ist. Schrägfrakturen in diesem Bereich werden, wie im Kapitel "Über Humerus-Frakturen"

aufgeführt, durch indirekte Gewalten hervorgebracht. Die Aussprengung eines dreieckigen Stückes ist ein typisches Zeichen einer Bieungsfraktur, wie in dem Kapitel "Über die Entstehung der Frakturen" ausgeführt wurde. Da die Aussprengung immer auf der Konkavseite des auf Biegung beanspruchten Körpers auftritt, muß die Diaphyse des Humerus also nach lateral und ventral abgebogen worden sein.

Im Bereich des Humeruskopfes finden wir noch eine Längsfraktur und ein Abriß des tuberculum majus, die beide durch direkte Gewalten verursacht werden. Die Längsfraktur ist auf der a. p. - Aufnahme deutlich zu sehen; es ist durchaus denkbar, daß es sich bei dieser Fraktur um eine Kompressionsfraktur handelt, und daß die sekundär auftretenden Zugspannungen im Bereich der ventralen und dorsalen Kopfanteile zu dieser Fraktur geführt haben.

Über die Entstehung des Abrisses des tuberculum majus ist in dem Kapitel "Die Humerus-Frakturen" geschrieben worden.

Nachdem wir nun über die Entstehung jeder der vier Frakturen am Oberarm gesprochen haben und sahen, daß jede Fraktur durch einen ganz bestimmten Entstehungsmechanismus charakterisiert ist, wollen wir versuchen, für alle Frakturen zusammen eine Bruchmechanik zu finden.

Aus der Gerichtsmedizin ist bekannt, daß man bei zwei oder mehreren Frakturen an der Schädelkalotte, die durch Schläge mit einem Hammer entstanden sind, die zweite dadurch von der ersten Fraktur unterscheiden kann, daß die Frakturlinien der zweiten Fraktur an den Linien der ersten Fraktur aufhören. Auf unseren Fall bezogen, hört die Längsfraktur des Kopfes an der Querfraktur des chirurgischen Halses auf, was bedeutet, daß die Querfraktur des Halses vor der Entstehung der Längsfraktur des Kopfes bestanden haben muß. Die nächste Frage betrifft die zeitliche Einordnung der Trümmerfraktur der Condylen und der Querfraktur des chirurgischen Halses. Hier kann man wohl folgern, daß eine schwere Trümmerfraktur des Condylenmassivs nicht aufgetreten wäre, wenn die

Fraktur des chirurgischen Halses vorher bestanden hätte.

Versuchen wir also einmal, den Unfallhergang zu rekonstruieren, indem wir alle uns bekannten Tatsachen zu verwenden trachten:

Herr G. steigt die Treppe hinab und kommt durch irgendeine Ursache zu Fall. Während des Sturzes hebt er zum Schutze den angewinkelten linken Arm empor. Mit der Rückfläche des linken Condylus trifft er zuerst auf den Boden auf. Es kommt zum Abbruch des inneren Condylus und im weiteren Verlauf auch zum Abbruch des äußeren. Da die Kraft noch nicht erschöpft ist und das distale Ende des proximalen Bruchstückes relativ scharf ist, kommt es zur Durchspießung der Haut. Die Diaphyse liegt jetzt mit ihrem distalen Ende dem Boden auf und der Humerusschaft bildet mit der Bodenfläche die oben erwähnten Winkel. Rekonstruieren wir diese Winkel, indem wir uns mit dem im Ellenbogen stark angewinkelten linken Unterarm gegen eine Wand stellen und kehren wir dieser Wand weiter unsere linke vordere Thoraxseite zu, so sehen wir, daß der Arm über die Horizontale eleviert, adduziert und innen rotiert sein muß. Nähern wir uns mit dem Oberkörper jetzt weiter der Wand, so wird die Bewegung durch Annäherung des Oberarmes an den Processus coracoideus gehemmt. In diesem Stadium kam es während des Unfalls zur Ausbildung der Biegungsfraktur im Bereich des chirurgischen Halses. Danach kam es zur Kompressionsfraktur des Kopfes, als dieser auf den Boden aufschlug und nach vorn innen gedrückt wurde. Jetzt kann auch der Abriß des tub. maj. erfolgt sein, der durch die starke Kontraktion der Außenroller bedingt sein kann, hier um so eher, da der Arm stark innenrotiert war. Die Fortpflanzung dieser Gewalt erklärt auch die Sprengung des Acromio-clavicular-Gelenkes. Wie wir sehen, lassen sich die Frakturen des linken Oberarmes auf typische, nacheinander ablaufende Bruchmechanismen zurückführen, die während eines Unfallgeschehens ablaufen.

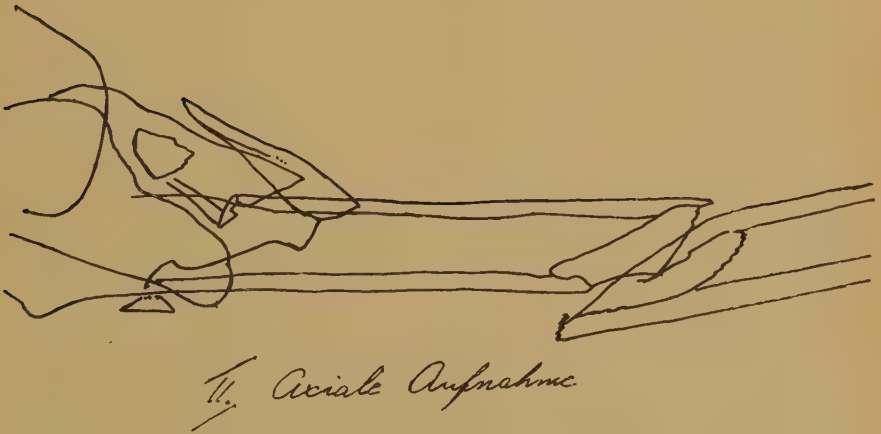
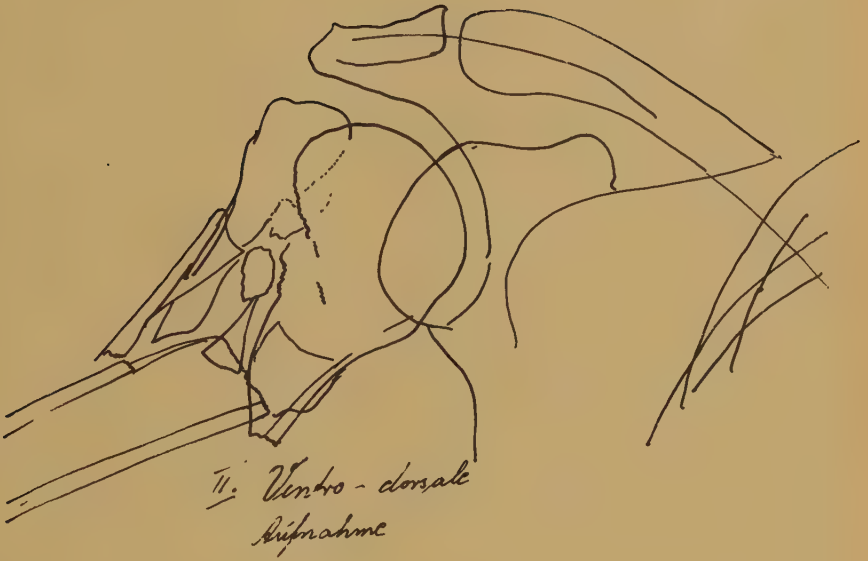
Fall II: Aus den angefertigten Röntgenbildern ergibt sich folgendes:

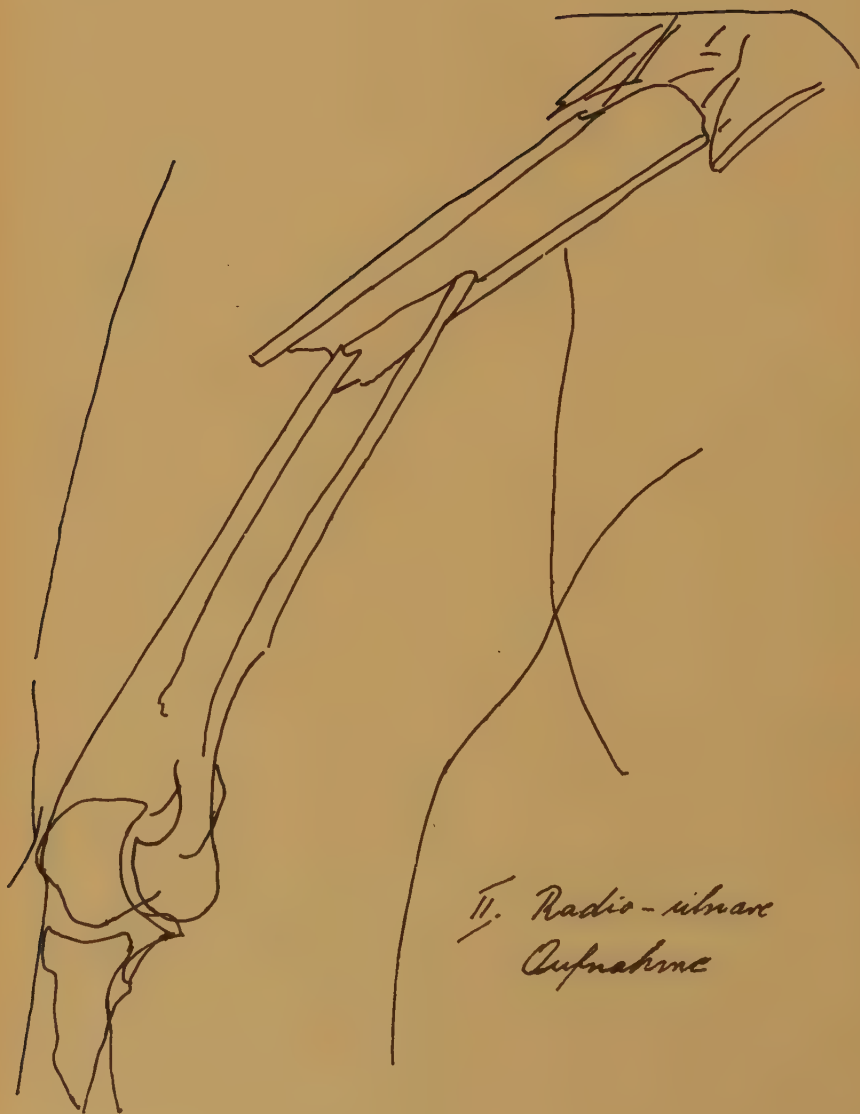
Auf der ventro-dorsalen Aufnahme des rechten Oberarmes sieht man einen Splitterbruch im oberen Humerusviertel. Er beginnt ca. 1 1/2 Querfinger unterhalb des chirurgischen Halses und reicht bis in den Kopf hinein und hat hier zur Austrennung des tuberculum majus geführt. Ferner findet sich eine Schrägfraktur in Schaftmitte. Die Frakturlinie steigt von lateral nach medial an.

Durch die beiden Brüche hat sich ein ca. 10 cm langes Mittelbruchstück ausgetrennt. Dieses ist gegen den übrigen Schaft leicht nach außen und zur Steckseite abgewinkelt und aus der Schaftachse ausgeschert. Das distale Schaftfragment ist deutlich um die Längsachse gedreht.

Die axiale Aufnahme vom 9.1.59 (im Gips) zeigt einen Splitterbruch im Bereich des coll. chir. und eine Schrägfraktur in Schaftmitte. Die Frakturlinie steigt von dorsal nach ventral an. Das distale Schaftfragment ist um 1 cm nach vorn verschoben und um 10 Grad nach dorsal abgewinkelt.

Beginnen wir die Besprechung der Bruchmechanik bei der Fraktur im Bereich des chirurgischen Halses. Auf der ventrodorsalen Aufnahme sieht man, daß das Halsgebiet vom medialen Rand ausgehend bis etwa zur Mitte von einer quer verlaufenden Frakturlinie durchzogen wird. Diese Frakturlinie teilt sich und pflanzt sich, mehr in Richtung der Längsachse des Humerus verlaufend, nach cranial und ventral fort. Dabei werden auf der Lateralseite mehrere Knochensplitter abgesprengt. Die nach cranial verlaufende Frakturlinie trennt das tub. maj. vom übrigen Humeruskopf. Ob zur Entstehung der kleineren Splitter eine Querkompression gefordert werden muß, bleibt dahingestellt. Auf der axialen Seite liegen die Splitter dorsal. Da bei einem Biegungsbruch der Biegungskeil immer auf der Konkavseite der Biegung ausgesprengt wird, muß die Konvexseite der Biegung, auf der auch immer der erste Einriß erfolgt (siehe Kapitel "Über Entstehung von Frakturen"), ventral und medial gelegen haben.





II. Radio-ulnare
Aufnahme

Um die Stellung des Armes festzustellen, bei der eine derartige Bieungsbeanspruchung auftritt, stellen wir uns mit abduziertem (90 Grad) und eleviertem (90 Grad) Arm gegen eine Wand und probieren, indem wir diese Winkel und den Abstand zur Wand ändern, wenn am Oberarm eine derartige Biegebeanspruchung auftritt. Sie tritt ein, d.h. eine Annäherung an die Wand wird unmöglich, wenn der Arm über die Horizontale erhoben und nach hinten abduziert ist. Wir müssen eine ähnliche Stellung auch beim Unfallereignis fordern.

In der Mitte des Schaftes findet sich eine Schrägfraktur. Die Frakturebene bildet mit der Längsachse des Humerus einen Winkel von ca. 30 Grad.

Was können wir über diese Frakturlinie aussagen ?¹

Zuerst müssen wir die Frage der Entstehung durch Bieungskräfte stellen. Ist es möglich, daß eine derartige Fraktur durch eine Bieungsbeanspruchung entsteht? Nach Zuppinger (s. Kapitel "Über die Entstehung von Frakturen") ist bei einer 70jährigen Patientin nicht mehr mit der Entstehung einer Schrägfraktur durch Bieungsbeanspruchung zu rechnen, da es infolge des Verlustes der elastischen Elemente des Knochens bei einer derartigen Beanspruchung meist zu Querbrüchen kommt.

Es könnte sich bei dieser Frakturform auch noch um eine Torsionsfraktur handeln. Wenn der Winkel der Frakturlinie mit der Längsachse des Humerus kleiner als 45 Grad ist, muß der Knochen gleichzeitig unter einer starken Längskompression gestanden haben, da nur in diesem Falle die Frakturlinie steiler als 45 Grad verläuft (s. Kapitel "Über die Entstehung der Frakturen"). Der erste Einriß, so wird gefordert, kann nur durch eine Biegung entstehen.

Für die Entstehung der Schaftfraktur durch eine Drehungsbeanspruchung spricht die Fortsetzung der Frakturlinie in das distale Schaftfragment.

Über die auslösende Ursache dieser Fraktur des Schaftes wurde im Kapitel Frakturen am Oberarm angeführt, daß derartige Brüche meist durch direkte Gewalt - hierfür besteht in unserem Falle kein Anhalt -, seltener durch einen Fall auf den Ellenbogen, hervorgebracht würden. Es

besteht also die Möglichkeit, daß die Fraktur auf indirektem Wege durch einen Fall auf die Hand entstanden ist.

Die Frage der zeitlichen Entstehung ist leicht gelöst, da eine Torsionsfraktur nur dann entstehen kann, wenn eine Torquierung des Humerus möglich ist. Diese Möglichkeit ist jedoch nicht gegeben bei einer vorher eingetretenen Fraktur des coll. chir. . Die Schafffraktur muß zeitlich also vor der Halsfraktur entstanden sein.

Versuchen wir wieder, den Unfallhergang zu rekonstruieren, indem wir alle geforderten Bedingungen verwerten:

Frau G. kommt bei einem Spaziergang durch eine uns unbekannte Ursache zu Fall. Sie fällt vornüber seitlich auf die rechte Hand. Der rechte Arm ist im Ellenbogengelenk leicht angewinkelt. Durch den Schreck kommt es zu einer starken Anspannung der Muskulatur. Der Oberarmknochen erfährt eine starke Längskompression. Dadurch, daß der Körper sich dem Erdboden nähert, die rechte Hand aber den Boden schon berührt und den Körper abstützt, kommt es zu einer Torquierung des Humerus. Durch die durch den Fall eingeleitete Annäherung des Körpers an den Erdboden, kommt es in einer bestimmten Phase des Unfallherganges zu einer gewaltsamen Abduktion des Oberarmes nach hinten. Der Oberarm wird jedoch von oben bis zur Mitte mantelartig vom m. deltoideus umgeben, dessen laterale Anteile die Adduktion unterstützen, die Abduktion also hemmen, was zu einer Biegungsbeanspruchung führt und die Schafffraktur einleitet. Es kommt zur Fraktur unterhalb des Ansatzes des m. deltoid. Das proximale Schaffbruchstück liegt jetzt dem Boden auf. Der eingeleitete Bewegungsablauf geht weiter. Der Körper nähert sich dem Boden. Das obere Schaffstück wird weiter nach hinten abduziert. Diese Bewegung wird jedoch durch Näherung des Schaftes und des Acromions des Schulterknochens abgebremst, was zur Biegungsfraktur im Bereich des chirurgischen Halses führt. Beim Aufschlag der Schulter auf den Boden kann es noch zu einer Kompression des Oberarmkopfes kommen.

Fall III: Seitliche Aufnahme des linken Oberarmes vom 13.6.61.

Es findet sich eine Querfraktur in Schaftmitte. Ein kleines dreieckiges Knochenstück ist im Bereich des distalen Fragmentes sichtbar. Es ist nach ventral vorgelagert. Das distale Schaftbruchstück ist um halbe Schaftbreite nach dorsal verschoben.

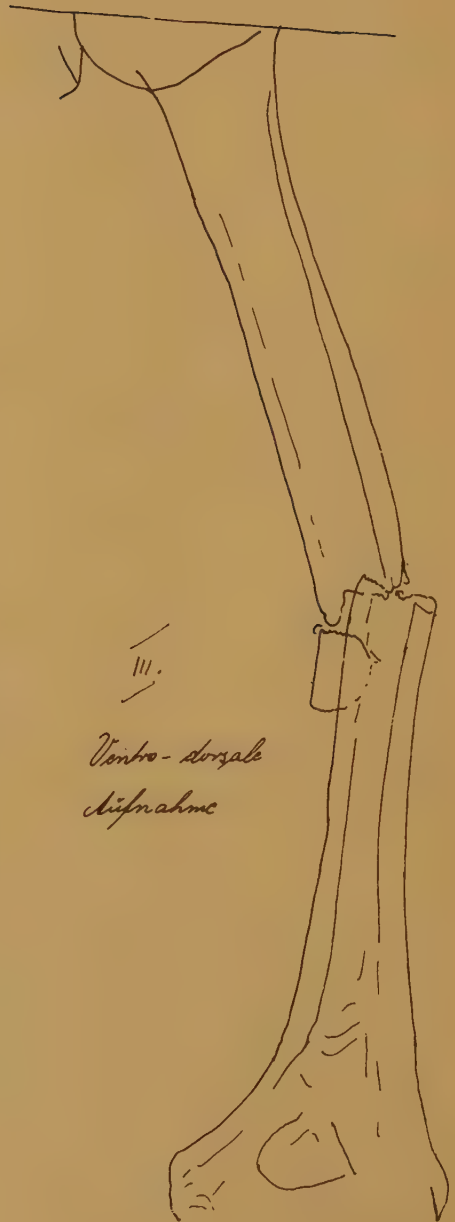
Die ventro-dorsale Aufnahme des linken Oberarmes vom 13.6.61 zeigt eine Querfraktur in Schaftmitte und die Vorlagerung eines dreieckigen Knochenstückes im Bereich des distalen Fragmentes nach medial. Achsenabwinkelung nach innen um etwa 15 Grad.

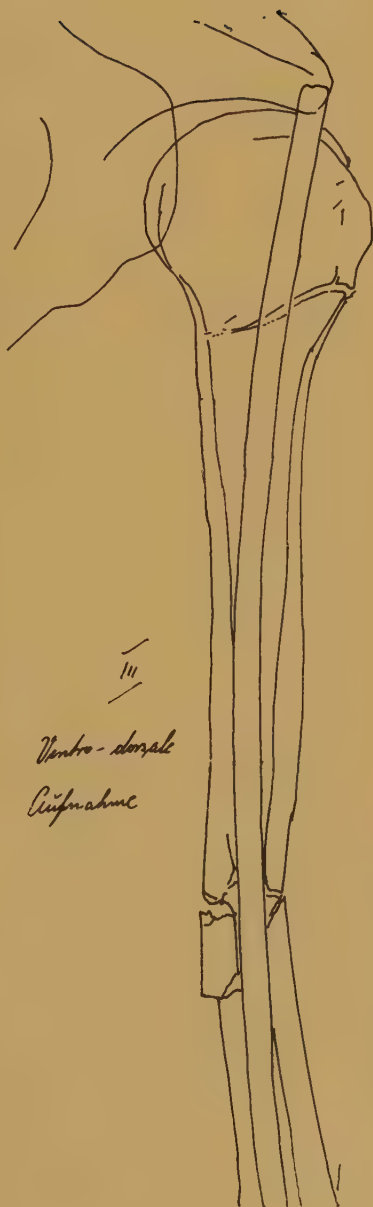
Ventro-dorsale Aufnahme vom 29.6.61.

Es findet sich ein in der Markhöhle liegender Nagel. Die Querfraktur in Schaftmitte ist deutlich zu erkennen. Im Bereich des coll. chir. sieht man jetzt einen weiteren Querbruch. Der Bruchspalt klappt deutlich unterhalb des tuberculum majus und ist bis in das zweite Drittel des Querdurchmessers zu verfolgen. Achsengerechte Stellung der Fragmente. Dauerlicherweise ist diese Region vor der Nagelung auf den ersten Bildern nicht dargestellt.

Diese axiale Aufnahme vom 29.6.61 zeigt neben dem Marknagel und der Querfraktur in Schaftmitte eine feine Aufhellungslinie im Bereich des coll. chir. mit einer Kontinuitätsunterbrechung der Corticalis auf der dorsalen Seite. Es besteht keinerlei Bruchstückverlagerung.

Bei der auf allen vier Bildern sichtbaren Fraktur in Schaftmitte handelt es sich um einen Biegungsbruch. Der Schaft ist quer durchgebrochen, was auf eine große Gewalt als auslösende Ursache rückschließen läßt. Der Biegungskeil liegt auf der ventro-dorsalen Aufnahme medial, auf der seitlichen Aufnahme vorne. Da wie schon bei den vorigen Fällen erwähnt, der Keil immer auf der Konkavseite des gebogenen Knochens ausgesprengt wird, muß die Konvexität mit dem ersten Einriß sich lateral und dorsal befunden haben. Ein derartiger Biegungsbruch kann direkt, aber auch indirekt entstehen. Ein indirekter Entstehungsmechanismus





ist zum Beispiel durch starke Längskompression des Oberarmknochens denkbar. Wie im Kapitel Anatomie des Oberarmes angeführt, ist der Humerus nach dorsal konvex gebogen. Setzt man aber einen gebogenen Stab einer Längskompression aus, kommt es zur Entstehung einer Bieungsfraktur (siehe Kapitel "Über die Entstehung der Frakturen"). Welcher Entstehungsart der Vorzug zu geben ist, wird die weitere Besprechung zeigen. Zu erwähnen bleibt noch, daß sich die Fraktur unterhalb des Ansatzes des m. deltoideus befindet.

Auf den Aufnahmen vom 29.6. findet sich neben der Schaftfraktur auch eine Fraktur im chirurgischen Hals. Die Frage, die sich bei der Befunderhebung zwangsläufig ergibt, ist die nach dem Zeitpunkt der Fraktur-entstehung. Bestand die Fraktur auch schon bei der Einlieferung oder ist sie infolge der Nagelung entstanden? Beim Einschlagen des Nagels in die Struktur des Kopfes und in den Markkanal kommt es zu radiären Druckspannungen. Senkrecht dazu entstehen Druckspannungen, die allein zu Frakturen führen können. In unserem Falle entstehen also zirkuläre Zugspannungen, die, würden sie zu einer Fraktur führen, Längsrisse hervorbringen müßten. Diese sind aber nicht nachweisbar. Es besteht also durchaus die Möglichkeit, daß die Fraktur im Bereich des chirurgischen Halses während des Unfalls entstanden ist. Für diese Annahme spricht einmal eine zarte Linie im Bereich des chirurgischen Halses auf der ventro-dorsalen Aufnahme vom 13.6.

Der Bruchspalt klafft auf der ventro-dorsalen Aufnahme deutlich lateral, während auf der medialen Seite keine Konturenunterbrechung zu sehen ist. Auf der seitlichen Aufnahme ist eine Unterbrechung der dorsalen Schaftkontur aufgetreten. Nehmen wir an, daß diese Einrisse durch eine Bieungsbeanspruchung des Knochens entstanden sind, so muß sich auf der Seite der Einrisse die Konvexität der Biegung befunden haben. Die Konvexität mit dem ersten Einriß befand sich also hinten außen. Dabei ergibt sich eine auffallende Übereinstimmung mit der Schaftfraktur. Auch dort war die Konvexität der Krümmung hinten außen.

Es bleibt nun noch die Frage nach der zeitlichen Reihenfolge der Entstehung der beiden Frakturen zu stellen. Sicher war die Schaftfraktur eher beendet, als die Fraktur im Bereich des coll. chirurgicum, die ja nicht voll ausgebildet ist, da die verursachende Kraft sich vorher erschöpfte.

Versuchen wir nun wieder den Unfallhergang unter Verwendung aller uns bekannten Tatsachen zu rekonstruieren:

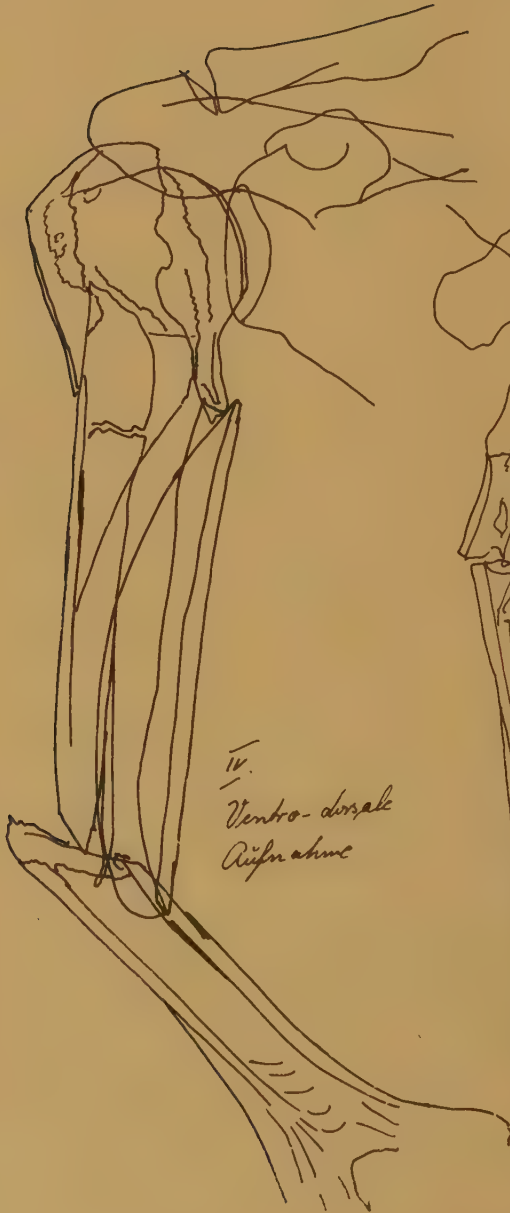
Herr H. fährt mit seinem Auto mit Vollgas bei Gelb über eine Kreuzung. Zur gleichen Zeit startet ein Lastzug von einer Seite. Er sieht plötzlich, daß ein Zusammenstoß unvermeidlich ist. Zum Schutz reißt er den linken Arm nach oben. In diesem Augenblick erfolgt der Aufprall.

Mit aller Gewalt wird der Kopf oder der Oberkörper gegen den zum Schutz erhobenen Arm gepreßt, der an der Scheibe oder dem Lenkrad einen Widerhalt findet. Es kommt zuerst zu einer Fraktur unterhalb der tuberositas deltoidea, da der Humerus im Bereich der tuberositas durch den musculus deltoideus stark fixiert ist. Da die Kraft noch nicht erschöpft ist, kommt es auch noch im coll. chir. zur Ausbildung einer unvollständigen Fraktur. Das coll. chir. ist in dem proximalen Bruchstück der locus minoris resistentiae.

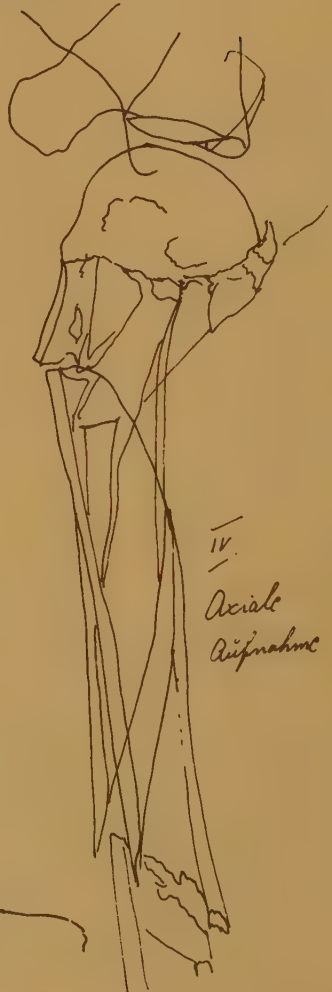
Fall IV: In der Kasuistik ist als nächstes der Unfall der Frau J. aufgeführt, die am 4.1.61 von einem Hund umgerissen worden ist und mit dem rechten Arm auf eine Eisenstange fiel. Am gleichen Tage wurde sie mit einem ausgedehnten Haematom am rechten Oberarm in das O. H. H. eingeliefert.

Die angefertigten Röntgen-Bilder zeigen folgendes:

Auf der ventro-dorsalen Aufnahme sieht man eine Trümmerfraktur im Bereich der oberen Hälfte des Humerus. Im einzelnen kann man folgende Frakturlinien unterscheiden:



IV.
Ventro-dorsale
Aufnahme



IV.
Axiale
Aufnahme

- 1) Schrägfraktur in Schaftmitte. Frakturlinie steigt von medial nach lateral an. Das distale Schaftfragment ist um 70 Grad nach medial abgewinkelt.
- 2) Längsfraktur im Bereich des oberen Drittels des Humerus.
- 3) Quereinfraktion einen Querfinger unterhalb des Kopfes, medial beginnend.
- 4) Zertrümmerung des Humeruskopfes.

Auch auf der axialen Aufnahme sieht man die Trümmerfraktur. Folgende Frakturlinien können unterschieden werden:

- 1) Schrägfraktur in Schaftmitte. Frakturlinie steigt von dorsal nach ventral an.
- 2) Längsfraktur im oberen Drittel.
- 3) Quereinfraktion 1 1/2 Querfinger unterhalb des Kopfes auf der Ventralseite beginnend.
- 4) Querfraktur im Bereich des coll. chir.
- 5) Zertrümmerung des Humeruskopfes.
- 6) Konturenunregelmäßigkeiten am hinteren und unteren Pfannenrand.

Dieser Fall ist zwar nicht im Sinne unserer strengen Definition eine Doppelfraktur, da sich die einzelnen Bruchlinien berühren, ich habe ihn dennoch in diese Arbeit aufgenommen, weil man deutlich zwei Frakturgeschehen bei der Entstehung unterscheiden kann und weil er den Übergang zu den zahlreichen Trümmerfrakturen herstellen soll, die alle im Sinne unserer Definition nicht zu den Doppelfrakturen zu rechnen sind, häufig jedoch zwei oder mehrere Bruchmechanismen erkennen lassen, die während eines Unfallgeschehens abgelaufen sind.

Beginnen wir die Besprechung der Bruchmechanik bei der Schrägfraktur in Schaftmitte. Es ist die Frage zu beantworten, ob sie durch Biegekräfte entstanden sein kann. Dagegen spricht das Alter der Patientin. Wir sind geneigt, bei einer 72jährigen Frau eher einen Querbruch zu erwarten. Hinzu kommt noch die Frage, ob es sich um eine Torsionsfraktur handeln kann. Die Schrägfraktur bildet mit der Längsachse des Humerus einen

Winkel von ca. 40 Grad. Der erste Einriß, der allein durch eine Bieungsbeanspruchung des Knochens auftritt, erfolgt in dem Augenblick, als der Oberarm mit der Hinterseite medial auf die Eisenstange aufschlägt. In diesem Zeitpunkt gesellt sich zu der Bieungsbeanspruchung auch eine Torsion. Die Frakturlinie, die zuerst mit der Längsachse des Humerus einen Winkel von 90 Grad bildete, verläuft jetzt steiler. Dadurch, daß im weiteren Verlauf der Frakturentstehung durch Auffallen des Oberkörpers auf den auf der Eisenstange liegenden Humerus eine Querkompression des Schaftes eintritt, nimmt die Frakturlinie im Bereich der zirkulären Zugspannungen an der ventralen und dorsalen Seite des Knochens einen noch steileren Verlauf (Winkel mit der Längsachse ca. 20 Grad). Auf der Vorderseite des Knochens verläuft die Frakturlinie parallel der Längsachse des Humerus. Die Längsfraktur des Knochens setzt sich bis in den Kopf hinein fort. 1 1/2 Querfinger unterhalb des Kopfes, am anderen Ende der Auflagerungsfläche auf der Eisenstange, tritt eine erneute Bieungsbeanspruchung auf, die zu einer Querfraktur des medialen Schaftfragmentes und zu einer Quereinfraktion des lateralen Schaftfragmentes führt. Die Bruchlinien liegen nicht auf gleicher Höhe. Danach kommt es zum Aufprall des Humeruskopfes auf den Boden. Durch direkte Gewalt entstehen die Frakturlinien im Bereich des Kopfes und des chirurgischen Halses.

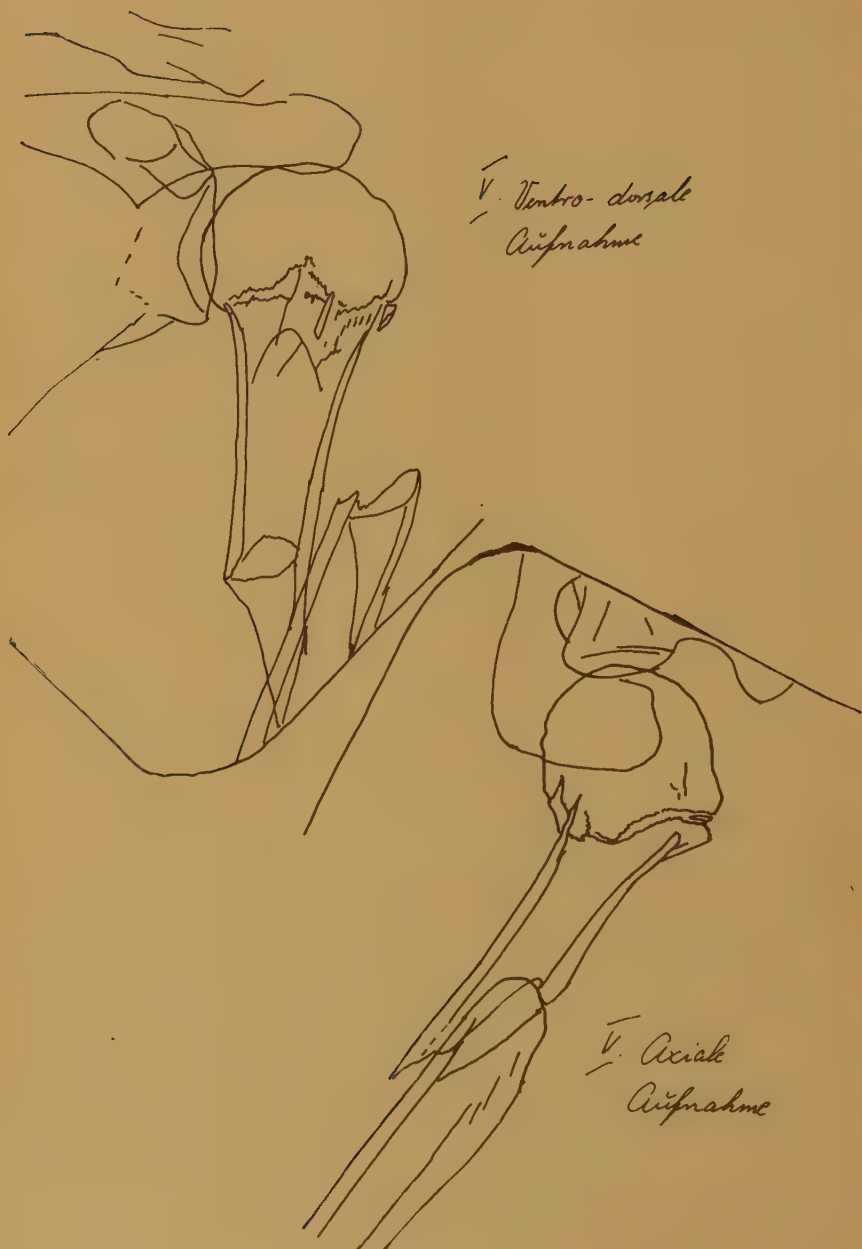
Es bleibt jetzt noch die Frage nach der Ursache der Torquierung zu stellen. Der erste Einriß der Schrägfraktur in Schaftmitte erfolgte medial dorsal. Das bedeutet, das distale Schaftfragment wurde nach lateral ventral abgewinkelt. Der erste Einriß der unvollständigen Querfraktur 1 1/2 Querfinger unterhalb des chirurgischen Halses erfolgte medial ventral. Das distale Schaftfragment wurde hier nach lateral dorsal abgewinkelt. Diese unterschiedliche Abwinkelung der distalen Fragmente läßt sich nur durch eine während des Unfallgeschehens eingetretene Drehung des Humerus und wahrscheinlich auch des Oberkörpers erklären. Es muß sich um eine Linksdrehung gehandelt haben. Rekonstruktionsversuch des Unfallherganges.

Frau J. wird vor der Haustür stehend von einem Hund umgerissen. Sie fällt seitlich vorwärts auf eine Eisenstange. Die Frakturmechanik beginnt mit der Ausbildung einer Querfraktur unterhalb des Ansatzes des m. deltoideus am fußwärts zeigenden Rand der Eisenstange. Sehr bald geht jedoch die Frakturlinie in einen immer steiler ansteigenden Verlauf über, da der Humerus durch eine Linksdrehung, die der Körper ausführt, torquiert wird. Gleichzeitig setzt auch eine stärkere Kompression des Schaftes durch den Auffall des Oberkörpers ein. Dieser führt auch zum Abbruch des distalen Schaftfragmentes an der schmalsten Stelle der Torsionsfraktur, es wird die Schrägfraktur in Schaftmitte ausgebildet. Steil verlaufend hat sich die Torsionsfraktur bis in den Kopf hinein ausgedehnt. Am kopfwärts zeigenden Rande der Stange entsteht jetzt die Querfraktur bzw. -infraktion der beiden Schaftteile, die durch die Längsfraktur entstanden sind. Durch die nur kurze Zeit bestehende Biegungsbeanspruchung wird das laterale Fragment nur eingebrochen. Die Biegungsbeanspruchung hört in dem Moment auf, in dem der Kopf die Erde berührt und es durch Kompression zur Entstehung der Bruchlinien in diesem Bereich kommt.

Fall V: In der alphabetischen Reihenfolge der im Kapitel Kasuistik zusammengestellten Fälle ist jetzt der Unfall der 47jährigen Patientin K. zu besprechen. Die Patientin wurde am 27.1.1955 stationär aufgenommen. Sie kann über den Unfallhergang keine Angaben machen.

Die Röntgenbilder zeigen folgendes:

Auf der ventro-dorsalen Aufnahme des linken Oberarmes findet sich eine Stufe unterhalb des tuberc. majus. Es ist ein Querbruch im Bereich des chirurgischen Halses sichtbar mit Austrennung mehrerer kleiner Splitter. Ca. 3 1/2 Querfinger weit distalwärts davon befindet sich eine Schrägfraktur. Die Frakturlinie steigt von lateral nach medial an. Das distale Schaftfragment ist um über Schaftbreite nach außen verschoben und nach innen abgewinkelt. Verkürzung um 10-15 mm.



Die axiale Aufnahme zeigt eine Frakturlinie, die vorne im Bereich des tuberculum minus beginnt und in Richtung der Kopf-Hals-Grenze hinten den chirurgischen Hals durchzieht. Das distale Schaftfragment ist nach hinten abgewinkelt. Dorsal projiziert sich der Schaft in den Kopf. Drei Querfinger unterhalb des chirurgischen Halses findet sich eine Schrägfraktur. Die Frakturlinie steigt von dorsal nach ventral an. Das distale Schaftfragment ist etwas nach vorne verschoben und gedreht. Durch die beiden Frakturen ist ein ca. sechs cm langes Mittelbruchstück ausgesprengt.

Auf den Bildern finden wir zwei unabhängig voneinander verlaufende Frakturlinien, also eine Doppelfraktur im Sinne unserer Definition. Bei der im oberen Drittel des Oberarmschaftes aufgetretenen Fraktur handelt es sich um eine Torsionsfraktur. Der erste Einriß ist durch eine Bieungsbeanspruchung entstanden und medial-ventral am Schaftmantel aufgetreten. Man sieht auf der ventro-dorsalen Aufnahme deutlich den quer verlaufenden Einbruch. Die Frakturlinie fällt dann im Bereich der dorsalen Schaftwand, sich mehr und mehr der Längsachse nähernd, ab. In der Vorderwand des Schaftes verläuft eine Längsfraktur. Sie verbindet, wie im Kapitel "Über die Entstehung von Frakturen" beschrieben, die Spitzen der schraubenförmigen Frakturlinie. Es ist sicher möglich auf Grund des schraubenförmigen Verlaufs der Frakturlinie auf die Richtung der Torsion rückschließen, doch soll im Rahmen dieser Arbeit nicht darauf eingegangen werden. Im Bereich des coll. chir. sehen wir auf der ventro-dorsalen Aufnahme eine Querfraktur. Auf der axialen Aufnahme klafft der Bruchspalt deutlich im Bereich des tub. minus. In den dorsalen Kopfanteil projiziert sich der Schaft. Der Schaft ist deutlich nach hinten abgewichen. Eine solche Fraktur kommt bei einer 47jährigen Frau sicher nur durch eine direkt einwirkende Gewalt zustande. Da der Bruchspalt vorne deutlich klafft und die Bruchstücke hinten stark genähert sind, könnte man auf eine Bieungsbeanspruchung schließen. Diese Annahme wird gestützt durch den Frakturmechanismus der Schaftfraktur. Der durch Bieungs-

kräfte hervorgerufene erste Einriß dieser Torsionsfraktur liegt medial-ventral. Beide Frakturen können durch Abbiegung des distalen Humerusabschnittes nach hinten entstanden sein.

Es ist nun noch die Frage nach der zeitlichen Reihenfolge der Entstehung der einzelnen Frakturen zu stellen. Sie ist leicht zu beantworten. Die Torsionsfraktur im oberen Schaftdrittel muß zuerst entstanden sein; eine Torquierung des Humerus bei einer bestehenden Fraktur im Bereich des collum chirurgicum ist kaum möglich.

Eine Rekonstruktion des Unfallherganges anzuschließen ist müßig, da die Patientin keine Angaben darüber gemacht hat. Die Entstehung einer derartigen Fraktur ist denkbar durch Auffallen auf einen Gegenstand, der die Breite des Mittelbruchstückes hat. Gleichzeitig müßte durch Bewegung des Vorderarmes bei gebeugtem Ellenbogengelenk die Torquierung des Oberarmes erfolgen.

Fall VI: Am 21.5.1962 stürzte die 46jährige Frau R. bei einem Ausflug von ihrem Rad und verletzte sich den linken Arm. Sie wurde sofort ins O.H.H. eingeliefert.

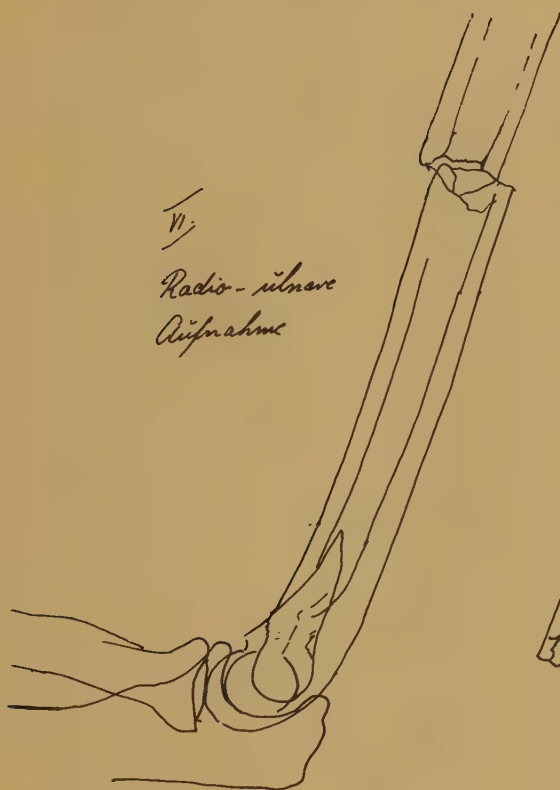
Die Röntgenbilder zeigen folgenden Befund:

Auf der ventro-dorsalen Aufnahme des linken Ellenbogengelenkes findet sich eine transcondyläre Frakturlinie, die die fossa coronoidea und die trochlea durchzieht und die Gelenkskontur unterbricht. Der mediale Condylus ist völlig abgesprengt und nach cranial verschoben.

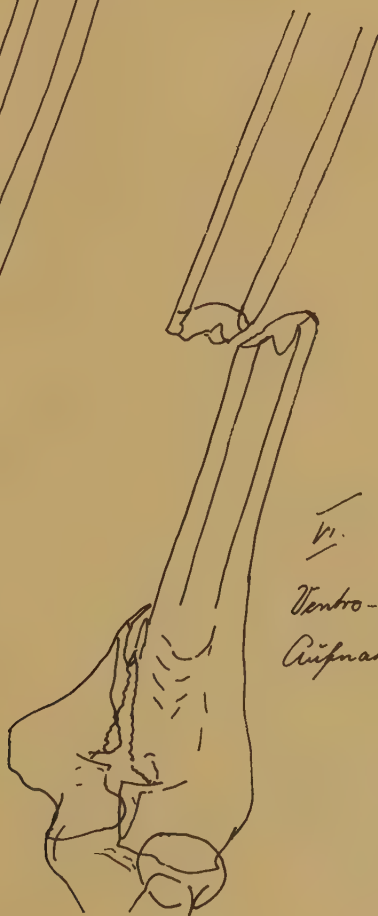
Handbreit oberhalb des Ellenbogengelenkes findet sich eine Querfraktur. Das distale Schaftbruchstück steht achsengerecht, um Schaftbreite nach lateral verschoben.

Die radio-ulnare Aufnahme zeigt einen Querbruch in Schaftmitte. Die Condylenfraktur weist in dieser Ebene keinerlei Verlagerung auf und sie ist nur angedeutet zu sehen.

Auch bei diesem Fall handelt es sich um eine typische Doppelfraktur im



vi.
Radio-ulnare
Aufnahme



vi.
Ventro-dorsale
Aufnahme

Sinne unserer Definition, Die beiden Frakturlinien haben keine Verbindung miteinander.

Bei der Fraktur im Ellenbogenbereich handelt es sich um eine völlige Absprengung des inneren Condylus. Diese könnte durch eine indirekte Gewalt z. B. durch einen Fall auf die ulnare Handfläche hervorgerufen sein. Dafür spricht der Verlauf der Bruchlinie und die Verschiebung des abgebrochenen Knochenstückes. Die Frakturebene liegt in Richtung des Druckes, der durch den Aufprall auf den Boden erzeugt und durch die Ulna auf den inneren Condylus übertragen wird. Bei der Fraktur handelt es sich in diesem Falle um eine Schubfraktur. Da durch die starke Valgusstellung des Unterarmes bei der Frau die Achsen des Ober- und Unterarmes nicht in einer Ebene liegen, kommt es zu einer Abscherung des inneren Condylus.

Bei der Fraktur in Schaftmitte kann es sich sowohl um eine Schubfraktur, wie auch um eine Biegungsfraktur handeln. Wie im Kapitel "Über die Entstehung der Frakturen" beschrieben, läuft bei einer Schubfraktur die Bruchfläche bis weit über die Mitte in Richtung des Schubes, um dann durch eine hinzutretende Biegungskomponente abzubiegen unter Bildung eines Zackens. Dieses ist hier der Fall. Die Bruchfläche läuft bis über die Mitte senkrecht zur Längsachse und biegt dann nach cranial ab. Es kann sich bei diesem Frakturverlauf aber auch um eine Biegungsfraktur handeln. Der erste Einriß müßte dann im medialen Schaftbereich erfolgt sein, da der erste Einriß immer senkrecht zur Längsachse des Knochens erfolgt, auf der Höhe der höchsten Längsspannung. Es müßte hiernach auf den lateralen Schaftbereich eine Kraft eingewirkt haben.

Über die zeitliche Aufeinanderfolge der Entstehung der beiden Frakturen ist auszuführen, daß die Absprengung des inneren Condylus vor der Entstehung der Schaftfraktur eingetreten sein muß. Hätte die Schaftfraktur schon bestanden, wäre es nur zu einer Bruchstückverschiebung gekommen.

Über den Unfallhergang können wir wegen der geringen Angaben wenig aussagen. Es muß zuerst zu einem Fall auf die linke Hand gekommen sein.

Danach ist beim Aufschlag des Oberarmes auf den Boden die Schaftfraktur unterhalb des Ansatzes des m. deltoideus entstanden.

Fall VII: Am 5.10.1956 verunglückte der 48jährige Kaufmann Sch., zwischen Barcelona und Valencia mit einem Auto. Er wurde wahrscheinlich durch das Schiebedach aus dem Wagen geschleudert. Bei dem Unfall erlitt er eine Gehirnerschütterung. Auf Einzelheiten des Unfalls kann er sich nicht besinnen. Acht Tage wurde er in einem spanischen Krankenhaus stationär behandelt, dann wurde er mit dem Flugzeug nach Berlin gebracht und ins O. H. H. eingeliefert. Die hier angefertigten Röntgen-Aufnahmen zeigen folgendes:

Die ventro-dorsale Aufnahme des linken Ellenbogengelenkes zeigt eine T-förmige Frakturlinie im Bereich der Condylen. Die Fraktur verläuft quer durch die fossa coronoidea. Trochlea und capitulum humeri sind voneinander getrennt. Stufe in der Kontur des Gelenkes. Die Condylen sind etwas nach medial ausgewichen und abgekippt und besonders der mediale Condylus, nach cranial verschoben.

Die radio-ulnare Aufnahme zeigt, daß beide Condylen nach ventral verschoben sind. Der innere Condylus ist wesentlich weiter nach ventral vorgeückt als das capitulum humeri. Oberhalb des Condylenmassivs sieht man eine flach von dorsal nach ventral ansteigende Frakturlinie.

Die ventro-dorsale Aufnahme des linken Schultergelenkes zeigt eine Splitterfraktur im Bereich des coll. chir. Der Schaft ist nach cranial verschoben und projiziert sich in den Kopf. Die Frakturfläche des Kopfes zeigt nach lateral. Einige Knochensplitter bilden die laterale Begrenzung des Kopfes. Oberhalb des Akromions ist ein Knochensplitter zu sehen. Der Gelenkspalt des Acromio-claviculargelenkes scheint vergrößert. Daneben liegt zumindest eine Fraktur der V. Rippe vor, wahrscheinlich auch der benachbarten.

Bei der Aufnahme mit abduziertem Arm zeigt die Bruchfläche des Kopfes nach lateral cranial. Ein großer, circa drei Querfinger langer Splitter

bildet lateral, durch die Abduktion cranial, die Verbindung zwischen den Bruchstücken. Zahlreiche kleine Splitter liegen im Bereich des coll. chir. Der Gelenkspalt des Acromico-claviculargelenkes klappt. Der Schaft ist gegen den Kopf um Schaftbreite fußwärts verschoben.

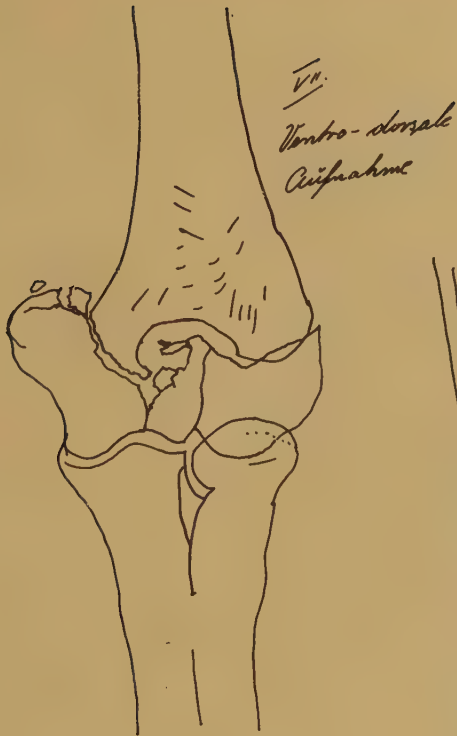
Die axiale Aufnahme zeigt eine Splitterfraktur im Bereich des coll. chir. Ein großer dreieckiger Splitter liegt ventral. Der Schaft ist nach vorn verschoben und nach dorsal abgewinkelt.

Auch bei diesem Unfall ist über den Unfallhergang keine Angabe gemacht worden. Wir können also nur von den Frakturlinien auf das Unfallgeschehen rückschließen. Die Fraktur im Bereich des Ellenbogengelenkes zeigt eine starke Dislokation der distalen Fragmente. Diese sind stark nach ventral, etwas nach medial und der innere Condylus ist deutlich nach cranial verschoben. Die zur Fraktur führende Kraft muß also dorsal angesetzt haben. Da bei gestrecktem Arm das Olecranon die hintere Begrenzung des Ellenbogengelenkes bildet, es jedoch bei diesem Unfall unverletzt blieb, müssen wir also rückschließen, daß der Unterarm im Ellenbogengelenk bei der Entstehung der Fraktur abgewinkelt war. Bei gebeugtem Arm wird die hintere Begrenzung des Ellenbogengelenkes von den Condylen gebildet. Da der innere Condylus wesentlich weiter nach ventral verschoben wurde als der äußere, so muß er den Ansatzpunkt für die, die Fraktur auslösende Gewalt dargestellt haben. Der innere Condylus ist besonders exponiert, wenn der gebeugte Arm vor den Körper geführt und über die Horizontale erhoben wird.

Die Frakturlinie läuft quer durch das Condylenmassiv, dieses läßt auf eine große Kraft schließen, die die Fraktur hervorrief.

Es ist denkbar, daß die oben beschriebene Fraktur entsteht, wenn der zum Schutz des Gesichtes erhobene und im Ellenbogengelenk gebeugte Arm mit großer Wucht gegen ein Hindernis prallt.

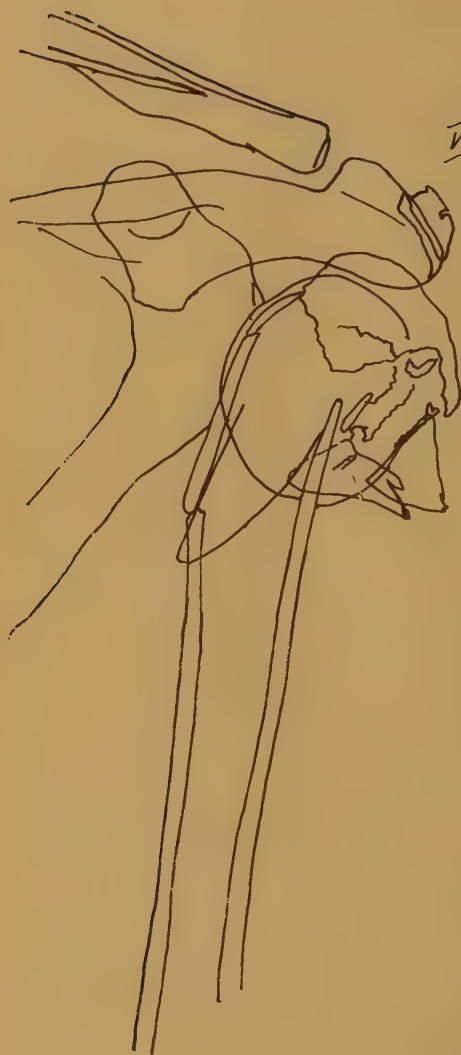
Im Bereich des coll. chir. sehen wir eine Splitterfraktur. Auf der axialen Aufnahme findet sich ventral ein großer dreieckiger Splitter. Dieser



VII.
Ventro-dorsale
Aufnahme



VII.
Radio-ulnare
Aufnahme



vii.

Ventro-dorsale
Aufnahme



vii.

Axiale
Aufnahme



Vu.
Aufnahme
mit
absterbendem Arm

scheint auf der ventro-dorsalen Aufnahme lateral zu liegen, auf der Aufnahme mit abduziertem Arm liegt er deutlich cranial. Wenn wir annehmen, daß es sich bei diesem Knochenstück um den Biegungskeil einer Biegungsfraktur handelt, so muß die Konkavseite der Biegung ventral und lateral gelegen haben, und der erste Einriß muß auf der Konvexseite, also dorsal und medial erfolgt sein. Auch die Entstehung dieser Fraktur ist bei der oben beschriebenen Stellung des Armes denkbar.

Bei dem zum Schutz vor das Gesicht gebrachten Arm kehrt sich die hintere, innere Seite nach außen. Wird der Arm in dieser Stellung körperwärts gebogen, kommt es zu einer Hemmung dieser Bewegung durch das Acromion und den proc. coracoideus. Das wieder führt zu einer Biegungsbeanspruchung im Bereich des chirurgischen Halses. Durch diesen Bewegungsvorgang läßt sich auch die Absprengung eines Knochenstückes vom Acromion erklären. Auch die Sprengung des Acromio-claviculargelenkes kann hierdurch hervorgerufen sein. Durch die große Wucht des Aufpralls und einer damit verbundenen Querkompression des Schaftes ist die Entstehung der zahlreichen Splitter zu erklären. Für diese Querfraktur spricht auch die Längsfraktur, die auf der axialen Aufnahme im ventralen Bereich deutlich zur Darstellung kommt. Eine weitere Unterstützung erfährt diese Theorie der Frakturentstehung durch die Rippenfraktur im Bereich der lateralen Thoraxwand, die durch eine Kompression des Thorax in ventro-dorsaler Richtung entstanden sein kann.

Es bleibt ferner die Frage nach der zeitlichen Reihenfolge der Entstehung der Frakturen zu erörtern. Wahrscheinlich ist die Fraktur im Bereich des Ellenbogengelenkes zeitlich vor der Fraktur im Bereich der Schulter entstanden, da eine so ausgeprägte Verschiebung der Condylen wohl nicht eingetreten wäre, hätte die Fraktur im Bereich des coll. chir. schon bestanden. In diesem Falle wäre es eher zu einer Verschiebung der Bruchstücke am chir. Hals gekommen.

Fassen wir noch einmal alle Einzelheiten zusammen.

Beide Frakturen lassen sich mit einiger Wahrscheinlichkeit, zeitlich einander folgend, in einen Unfallhergang einreihen. Im Augenblick der Gefahr wurde der linke Arm zum Schutze vor das Gesicht gehalten. Dann kam es zum Anprall gegen einen Widerstand. Es entsteht zuerst die Fraktur im Bereich des Ellenbogengelenkes. Der innere Condylus bricht zuerst ab, die Frakturlinie läuft weiter und trennt so das capitulum humeri ab. Die Kraft ist noch nicht erschöpft und wirkt in der gleichen Richtung weiter. Der nach vorne oben erhobene Arm wird nach dorsal bewegt. Er findet einen Widerhalt im Acromion und im Proc. coracoid. Ein Teil des Acromions wird abgesprengt; das Acromio-claviculargelenk wird gesprengt. Es kommt zur Ausbildung einer Biegungsfraktur im Bereich des chirurgischen Halses; durch den Anprall tritt eine Querkompression auf, die zur Entstehung der Knochensplitter führt. Durch die dann noch immer fortwirkende Kraft entsteht schließlich auch noch durch Kompression die Rippenfraktur.

Fall VIII Die 79jährige Patientin Frau W. stürzte am 24.2.61 im Treppenhause und schlug auf die linke Seite. Sie verspürte sofort Schmerzen im linken Arm. Frau W. sagt, sie sei 5-6 Stufen hinuntergefallen. Ein Hausbewohner, den ich über den Unfall befragte und der die Patientin aufgefunden hatte, erklärte Frau W. lag auf dem Treppenabsatz, die Füße noch auf der Treppe, der linke gebrochene Arm war vorgestreckt, der Kopf lag auf diesem Arm. Die Patientin selbst lag auf der linken Seite.

Die Patientin wurde über die Unfallambulanz des O. H. H. sofort aufgenommen.

Die angefertigten R-Bilder zeigen folgendes:

Auf der ventro-dorsalen Aufnahme des linken Ellenbogengelenkes findet sich eine Unterbrechung der Gelenkskontur im Bereich des capitulum humeri.

Dieses ist etwas nach cranial verschoben.

Die radio-ulnare Aufnahme zeigt, daß das capitulum hum. nach ventral abgekippt ist und nach dorsal die Kontur der dorsalen Humerusfläche überragt.

Die Gelenkskontur der incisura semilunaris ist in der Mitte unterbrochen.

Die ventro-dorsale Aufnahme des linken Schultergelenkes weist eine Querfraktur im coll. chir. und eine Zertrümmerung des Humeruskopfes auf. Die Gelenkfläche des Kopfes hat keinen Kontakt mehr mit der Gelenkpfanne und ist nach außen gegen die Pfanne gedreht und in Richtung auf den Schaft subluxiert.

Die axiale Aufnahme des Schultergelenkes zeigt die Projektion des Kopfes in den Bereich des coll. chir. Die Gelenkfläche des Humeruskopfes ist stark nach dorsal abgewichen.

Wir wollen die Besprechung der Bruchmechanik bei der Fraktur im Bereich des Ellenbogengelenkes beginnen. Auf den Aufnahmen des Ellenbogengelenkes sieht man eine Absprengung des capitulum humeri, das auch ventral abgekippelt und etwas nach cranial verschoben ist. Durch diese Verlagerung nach cranial überragt das Bruchstück etwas die Hinterfläche des Condylenmassivs.

Ein Abriß des capitulum humeri, wie es hier zur Darstellung kommt, erklärt sich nur durch die Einwirkung einer indirekten Gewalt. Beim Auffall auf die Hand wird die Kraft durch den Radius fortgeleitet und führt nach Überschreiten der Elastizitätsgrenze zum Abbruch des capitulum humeri.

Auf den Aufnahmen des Schultergelenkes finden wir eine Querfraktur im Bereich des chirurgischen Halses und eine Zertrümmerung des Humeruskopfes. Die Trümmerfraktur des Kopfes ist sicher durch direkte Gewalt zustande gekommen.

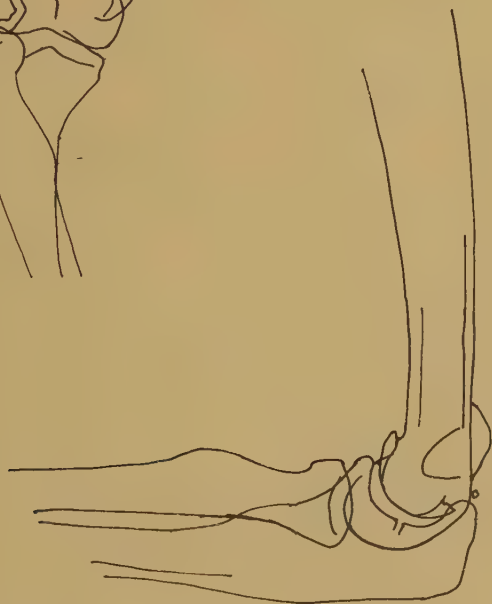
Da uns bei diesem Fall Angaben über die Lage der Patientin nach dem Unfall gemacht worden sind und über die Entstehung der anderen Fraktur keine Zweifel bestehen, können wir versuchen, die Frakturentstehung im Schulterbereich zwischen die bekannten Tatsachen einzuordnen.

Zeitlich ist die Kopffraktur sicher später entstanden als die Fraktur im Ellenbogenbereich, da diese zu ihrer Entstehung eine feste Verbindung zwischen Schulter und Arm fordert.

Versuchen wir also wieder den Unfall zu reproduzieren. Durch irgend einen



VIII. Ventro-dorsale
Aufnahme



VIII. Radio-ulnare
Aufnahme



VIII.

Ventre - dorsale
Aufnahme



VIII.

Axiale
Aufnahme

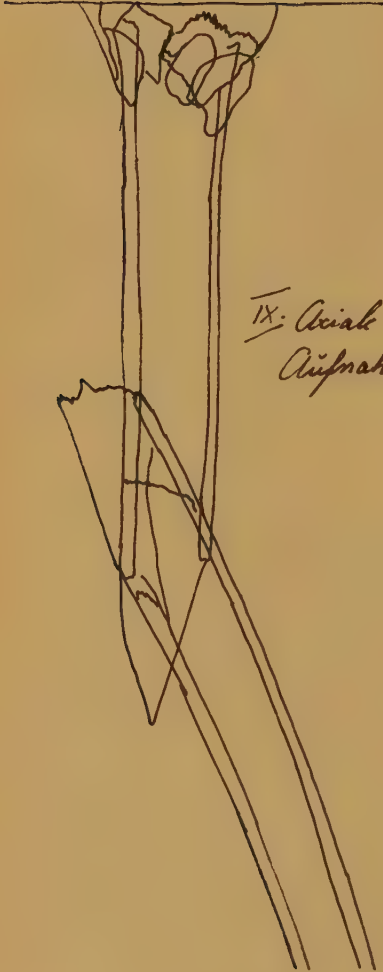
Umstand kommt die 79jährige Frau auf der Treppe zu Fall. Sie stürzt vornüber. Mit der linken Hand versucht sie sich abzustützen. Sie fällt so auf die linke vorgestreckte Hand; dabei muß die radiale Handfläche einer besonders starken Belastung ausgesetzt gewesen sein. Der Druck des Aufschlages wird durch den Radius fortgepflanzt und überträgt sich auf das capitulum hum., welches abgesprengt wird. Da mit der linken Hand die Wucht des fallenden Oberkörpers nicht aufgefangen werden kann, wird der linke Oberarm immer weiter passiv, durch Annäherung des fallenden Oberkörpers an den Boden des Treppenabsatzes, eleviert. Diese Bewegung wird durch Annäherung des Humerusschaftes an das Acromion und den proc. coracoideus gehemmt. Es kommt zu einer Biegungsbeanspruchung im Bereich des coll. chir. und später zu einer Querfraktur im chir. Hals. Kurz darauf schlägt der Oberarmkopf auf den Boden auf. Durch den nachfolgenden Oberkörper wird er einer starken Kompression ausgesetzt, die zur Zertrümmerung des Kopfes führt.

Fall IX: Die 71jährige Patientin Frau v. W. ist am 2. 10. 58 gestürzt und hat sich dabei den rechten Oberarm, beide Knie und die Stirn verletzt.

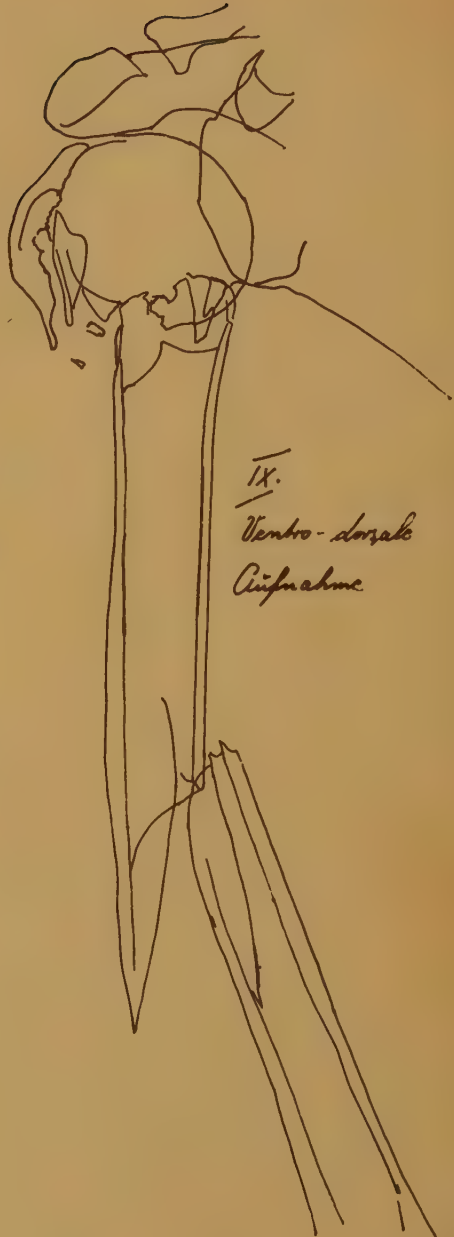
Die Röntgenbilder zeigen folgendes:

Auf der ventro-dorsalen Aufnahme des rechten Oberarmes sehen wir eine Schrägfraktur in Schaftmitte. Die Frakturlinie steigt von ventral nach dorsal an. Das proximale Bruchstück wird von einer zuerst in der Längsachse laufenden, dann nach lateral abweichenden Frakturlinie durchlaufen. Ferner findet sich eine Querfraktur im Bereich des coll. chir. Das tuberculum majus ist abgesprengt. Das distale Schaftbruchstück ist um Schaftbreite nach innen verlagert und nach dorthin um etwa 20 Grad abgewinkelt.

Die axiale Aufnahme zeigt eine Querfraktur im Bereich des coll. chir. mit Austrennung von Splittern und eine Schrägfraktur in Schaftmitte. Die Frakturlinie der Schrägfraktur steigt von ventral nach dorsal an. Geringe axiale Verschiebung der Bruchstücke. Eine feine Längsbruchlinie zieht durch das große Mittelstück bis in den chirurgischen Hals hinein. Das distale Schaftbruchstück ist um ca. 20 Grad nach dorsal abgewinkelt.



IX. Axiale
Aufnahme



IX.
Ventro-dorsale
Aufnahme

Auch diese Fraktur ist keine Doppelfraktur im Sinne unserer strengen Definition, da das Mittelbruchstück von einer Frakturlinie durchlaufen wird, die die beiden Frakturebenen in Schaftmitte und im chirurgischen Hals miteinander verbindet.

Bei der Fraktur in Schaftmitte handelt es sich um eine Torsionsfraktur. Der erste Einriß, der immer durch eine Biegungsbeanspruchung entsteht, erfolgt auf der Höhe der größten Längsspannung, der höchsten Zugspannung, auf der medialen Seite des Humerusschaftes unterhalb des Ansatzes des m. deltoideus. Der Schaft ist in dieser Höhe zu einem Drittel quer durchgebrochen, die Frakturlinie gelangte dann in den Bereich der durch die Biegung entstandenen zirkulären Zugspannungen und nahm einen steileren Verlauf. Die durch die Torsion hervorgerufene schraubenförmige Frakturlinie bildet mit der Längsachse des Humerus einen Winkel von ca. 15 Grad. Dieser steile Anstieg der Frakturlinie ist mit einer starken Anspannung der Muskulatur des Oberarmes zum Zeitpunkt der Frakturentstehung zu erklären. Durch die Kontraktion kommt es zu einer Längskompression des Humerus, diese wiederum erzeugt zirkuläre Zugspannungen, die zu Längsrissen führen würden. Die Kombination der Torsion mit der Längskompression könnte zu dem steilen Anstieg der Frakturlinie führen.

Die Fraktur im Bereich des chirurgischen Halses ist sicher durch eine direkt einwirkende Gewalt entstanden. Die starke Dislokation des Schaftbruchstückes könnte andeuten, daß die Kraft von lateral her auf den chirurgischen Hals eingewirkt hat. Der Abriß des tuberculum majus, Ansatzpunkt der Auswärtsroller des Oberarms, ist wahrscheinlich durch die gleiche Kraft erfolgt: Wie im Kapitel "Über die Humerusfrakturen" erwähnt, wird das tuberculum majus abgerissen, wenn eine Kraft versucht, den Oberarmkopf nach vorn innen oder unten zu luxieren.

Zeitlich muß die Schaftfraktur vor der Halsfraktur entstanden sein, da nur bei erhaltener Kontinuität im Halsbereich eine Torquierung des Oberarmschaftes möglich ist.

Über den Unfallhergang sind keine genauen Angaben gemacht worden. Eine Rekonstruktion des Unfallherganges ist also nicht möglich.

Fall X: Am 21. Februar 1963 ist die Patientin infolge Glätte auf der Straße ausgerutscht und auf den Rücken gefallen. Bei dem Sturz wurde der linke Arm verletzt.

Die Röntgenbilder zeigen folgenden Befund:

Die ventro-dorsale Aufnahme des linken Ellenbogengelenkes zeigt eine transkondyläre Frakturlinie, die die fossa coronoidea und die trochlea durchzieht und zu einer Unterbrechung der Gelenkskontur führt. Der condylus ulnaris ist abgesprengt und nach cranial verschoben.

Auf der radio-ulnaren Aufnahme des Oberarmes überragt der abgesprengte innere Kondylus die dorsale Kontur des Knochens. Die Frakturlinie läßt sich nicht sicher verfolgen. Eineinhalb Handbreit oberhalb des Ellenbogengelenkes, im Bereich der tuberositas deltoideae findet sich eine Querfraktur des Schaftes. An der dorsalen Seite liegt ein Kortikalissplitter. Verschiebung des distalen Bruchstückes um Kortikalisbreite nach ventral.

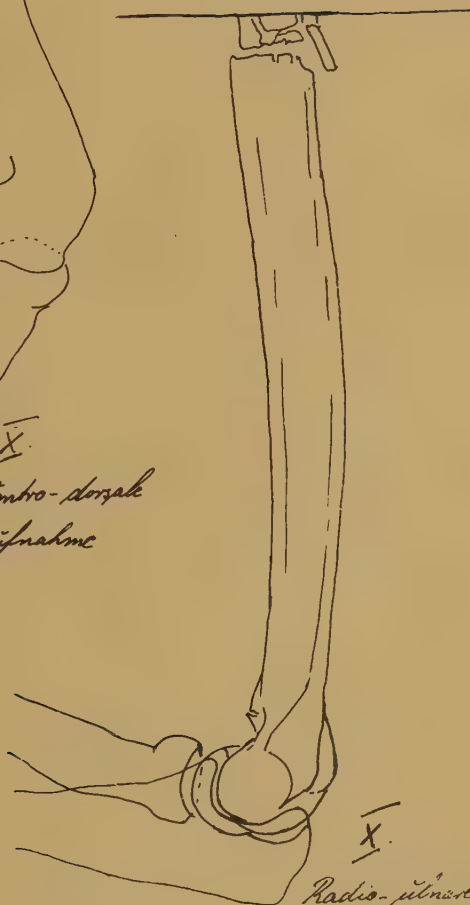
Die ventro-dorsale Aufnahme des Humerusschaftes zeigt eine geringe Achsenabknickung nach medial, Verlagerung des distalen Schaftfragmentes um ca. einen Zentimeter nach cranial und Drehung desselben, so daß die Ventralseite des Knochens etwas nach medial zeigt.

Bei diesem Fall besteht eine Doppelfraktur im Sinne unserer Definition. Die einzelnen Frakturzonen sind nicht durch Bruchlinien miteinander verbunden.

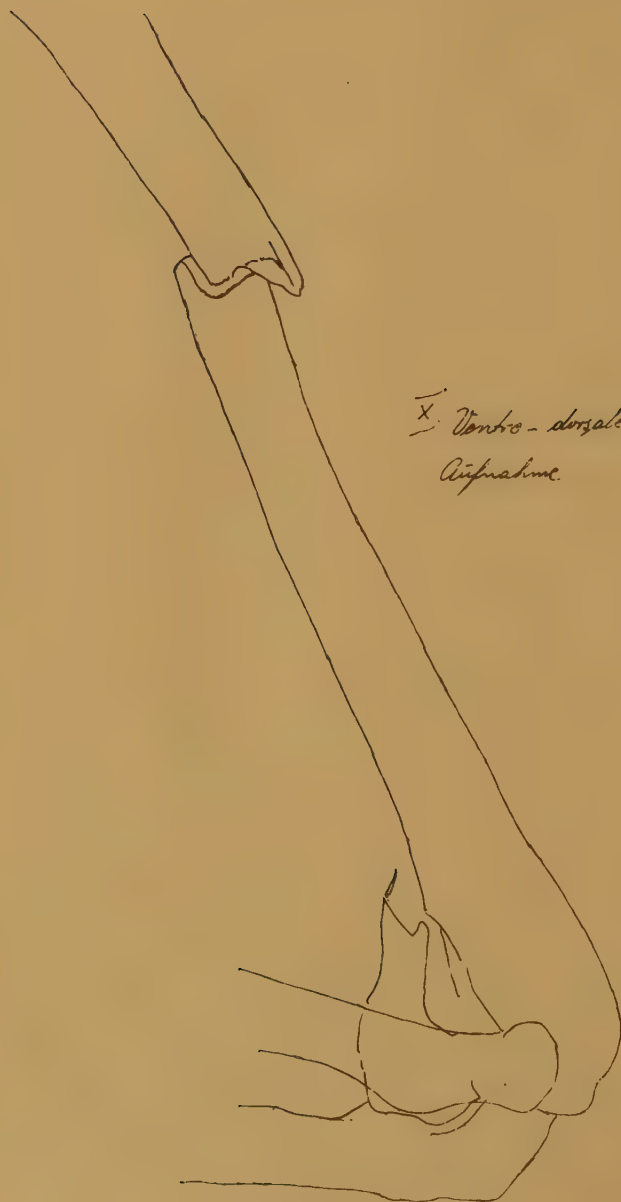
Bei der Fraktur im Bereich des Ellenbogengelenkes handelt es sich um eine Absprengung des inneren Kondylus. Wahrscheinlich ist die Fraktur durch eine indirekte Gewalt entstanden. Dafür spricht der Verlauf der Bruchlinie und die Verschiebung des Bruchstückes. Die Entstehung dieser Fraktur ist folgendermaßen denkbar: Bei dem Sturz nach hinten versucht die Patientin, die Wucht des Falles mit Hilfe des linken Armes abzu-



X.
Ventre-dorsale
Aufnahme



X.
Radio-ulnare
Aufnahme



X. Vento - dorsale
Aufnahme.

schwächen. Der Ellenbogen geht beim Fall voran. Der Unterarm gewinnt zuerst Kontakt mit dem Boden. Die Ulna liegt dem Boden auf. Zwei entgegengesetzte Kräfte treffen im Bereich der Trochlea aufeinander. Die Gelenkfläche der Ulna ist keilförmig. Die Gelenkfläche des Humerus im Bereich der Trochlea ist konkav. Durch die Wucht des Falles wirkt die Gelenkfläche der Ulna wie ein Keil auf den Scheitel der konkaven Krümmung der Humerusgelenkfläche ein. Es tritt eine starke Schubspannung auf, die den medialen Kondylus absichert. Das Bruchstück wird nach cranial verlagert. Auf der Seitenaufnahme ist auch eine Verlagerung nach dorsal erkennbar, die nur durch eine Flexion des Armes im Ellenbogengelenk bei der Frakturentstehung zu erklären ist.

Die Schaftfraktur läßt zwei Deutungsmöglichkeiten zu. Sie kann einmal direkt, durch Biegung beim Auffall auf eine Bodenwelle entstanden sein, anamnestische Angaben darüber sind nicht zu erheben, oder aber indirekt durch Zug des m. deltoideus. Wenn der Oberarm nach hinten gestreckt und etwas abduziert ist, der Unterarm dem Boden aufliegt und der Arm im Ellenbogengelenk gebeugt ist, der rückwärts fallende Körper im Sturz etwas nach links gedreht ist, kommt es im Bereich des Ansatzes des m. deltoideus zum Zusammentreffen zweier entgegengesetzter Bewegungen. Die Stellung des Oberarmes schräg zur Richtung des fallenden Körpers würde zu einer Abduktion des Oberarmes führen. Die Kontraktion der seitlichen Anteile des m. deltoideus versuchen eine Adduktion des Oberarmes herbeizuführen. Es tritt eine Bieungsbeanspruchung des Oberarmes auf. Auf der Höhe der größten Längsspannung, ventral und medial des Schaftes tritt der erste Einriß auf. Im weiteren Verlauf biegt die Frakturlinie beim Nachlassen der Kraft mehr zur Längsachse des Knochens um und führt so zum Ausbruch eines dorsal liegenden Knochensplitters.

Zur zeitlichen Differenzierung der beiden Frakturen ist zu bemerken, daß die Entstehung der Fraktur im Bereich des Ellenbogengelenkes der Fraktur in Schaftmitte sicher voranging, da im umgekehrten Falle eher

nur eine Verschiebung der Bruchenden im Bereich des Schaftes erfolgt wäre.

Rekonstruktionsversuch des Unfallherganges:

Die Patientin kommt bei Glatteis beim Überqueren einer ebenen Fahrbahn zu Fall. Sie stürzt hintenüber. Während des Falles dreht sie den Oberkörper etwas nach links und versucht durch Vorstrecken des linken Unterarmes den Aufprall etwas zu mildern. Der Oberarm befindet sich hinten seitlich des Oberkörpers. Beim Aufprall auf dem Boden kommt es zum Abbruch des inneren Kondylus wie oben beschrieben. Durch die schräge Stellung der Längsachse des Oberarmes zur Richtung des Falles des Oberkörpers wird eine Abduktion des Oberarmes eingeleitet. Diese Bewegung wird durch die Kontraktion der Adduktoren des Oberarmes gehemmt. Im Bereich des Ansatzes des m. deltoideus entsteht eine Biegefraktur.

Die Patientin selbst kann über die Lage des Armes kurz nach dem Unfall keine Angaben machen. Sie war nach dem Unfall leicht benommen. Sie erinnert sich, daß sie im linken Arm starke Schmerzen empfand und sich auf die rechte Seite legte, um die Schmerzen zu mildern.

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Arbeit liegt die Durchsicht von ca. 10 000 Diagnosen der Aufnahmebücher der Jahre 1946 bis 1961 des Oskar Helene Heims zugrunde. Dabei wurden ungefähr 1 200 Oberarmfrakturen gefunden. Die Durchsicht der dazu gehörenden Krankengeschichten wurde bei Hinweis auf eine mehrfache Fraktur des Oberarmes durch Kontrolle der Röntgenbilder ergänzt. Dabei wurden 7 der eigenen Fälle gefunden. Während einer 3 monatigen Tätigkeit als Medizinalassistent im Oskar Helene Heim, von März bis Mai 1961, sind uns 2 weitere Doppelfrakturen begegnet. Aus dem Vergleich erhellt, daß viele Fälle von Mehrfachfrakturen des Oberarmes bei dieser Art der Durchsicht verloren gegangen sind. Die Arbeit fußt weiter auf der in der Staatsbibliothek Berlin unter der Rubrik "Knochenbrüche" zu findenden Literatur der Jahre 1820 bis 1961. Daneben wurden die gebräuchlichen Lehrbücher durchgesehen und Mitteilungen in medizinischen Zeitschriften berücksichtigt.

Beim Literaturstudium fiel auf, daß vor der Ära der Röntgenstrahlen sehr großer Wert auf eine genaue Einteilung und Nomenklatur der Frakturen gelegt wurde. In den Lehrbüchern finden sich beinahe übereinstimmend die gleichen Einteilungsschemata. Nach 1910 wird der genauen Differenzierung der Frakturen weniger Beachtung geschenkt; es wird auf die beigelegten Röntgenbilder verwiesen. Heutzutage werden nur ganz einfache Einteilungsprinzipien benutzt. Man macht sich nicht einmal die Mühe, die Röntgenbilder genau zu beschreiben. Die Diagnosen sind sehr ungenau, ebenfalls die Angaben in den Krankengeschichten, was einer wissenschaftlichen Auswertung sehr hinderlich ist.

Bei zwei der neun eigenen Fälle ist die Zweitfraktur übersehen worden. Beim Fall I (Trümmerfraktur der Humeruskondylen und subkapitale Humerusfraktur) ist die Fraktur im oberen Drittel des Oberarmes nicht erkannt worden. Selbst beim Anlegen eines Gipsverbandes ist die durchgehende Fraktur im Halsbereich nicht aufgefallen. Bei Fall II ist eine

Infraktion im Halsbereich des Oberarmes übersehen worden. Dieser Abschnitt wurde auf den angefertigten Röntgenbildern nicht klar dargestellt. Es ist hier die oft gestellte Forderung zu wiederholen, daß bei allen Frakturen des Oberarmes eine mögliche Zweitfraktur im Halsbereich sicher ausgeschlossen werden muß, zumal dieser Abschnitt des Oberarmes für Frakturen disponiert zu sein scheint.

Neben den prädisponierenden Eigenschaften des Knochens, welche die Form, den Aufbau und die Lage betreffen, spielt die Altersatrophie des Knochens die wesentlichste Rolle. Das Durchschnittsalter, der von uns gefundenen Patienten mit Doppelfrakturen beträgt 56 Jahre. Mit Ausnahme eines 24jährigen Studenten ist keine der von Doppelfrakturen betroffenen Personen unter 45 Jahre alt. Es besteht eine deutliche Relation zwischen dem Alter des Patienten und der Größe der Energie, die benötigt wird, um eine Doppelfraktur zu erzeugen und zwar insofern, als die Energie bei einem jugendlichen Patienten wesentlich größer sein muß als bei einem älteren. Bei jüngeren Menschen treten Oberarmdoppelfrakturen nach Stürzen aus beträchtlicher Höhe oder - wie in dem Fall II - durch einen Verkehrsunfall infolge Zusammenstoßes zweier in Fahrt befindlicher Autos auf. Im Alter genügt schon ein einfacher Sturz, um eine Doppelfraktur zu erzeugen; zwischen diesen beiden Extremfällen sind alle Übergänge vorhanden. Grundsätzlich kann also eine Doppelfraktur in jedem Alter auftreten.

Um einen Einblick in die Mechanik der Frakturen zu gewinnen, haben wir uns mit den Angaben in der Literatur und mit dem genauen Studium der eigenen Fälle befaßt. Dabei zeigte es sich, daß in der Literatur nur selten auf die Mechanik der Frakturen eingegangen wird. Selbst in den bekanntesten Lehr- und Handbüchern findet man keine einwandfrei verwertbaren Angaben. So mußten wir bei der Besprechung der gesammelten Fälle auf die Meinungen der verschiedenen Autoren zurückgreifen. Für die am Oberarm frakturauslösenden Ursachen haben wir die Meinungen der

Autoren in dem Kapitel "Über Humerusfrakturen" zusammengestellt. Statistische Untersuchungen darüber, ob eine bestimmte Fraktur am Oberarm durch eine direkte oder indirekte Gewalt ausgelöst wird, oder welche Beziehung zwischen der Frakturlinie, dem Lauf der Fraktur und der Frakturmechanik besteht, haben wir nicht gefunden.

Unseres Erachtens wäre es dringend nötig, diese Lücke so bald als möglich zu schließen. Ferner ist es unbedingt notwendig, ein Lehrbuch über die Frakturmechanik zu verfassen, wie es von dem verstorbenen H. Zuppinger geplant war. Er wollte eine derartige Arbeit unter Hinzuziehung von Mathematikern und Technikern verfassen. Durch seinen Tod sind uns nur Fragmente seiner "allgemeinen Frakturlehre" überliefert. Das Kapitel "Über die Entstehung der Frakturen" lehnt sich eng an die von De Quervain veröffentlichten Mitteilungen und Aufzeichnungen Zuppingers an und bildete die Grundlage für die Rekonstruktionsversuche der Unfallmechanik bei den gesammelten Fällen.

In dem Kapitel "Diskussion über die Mechanik der doppelten Humerusfrakturen anhand der gesammelten Fälle" haben wir versucht, mit Hilfe der im Kapitel "Über die Entstehung der Frakturen" gesammelten Kenntnisse und der Röntgenbilder unter Hinzuziehung der anamnestischen Angaben der Patienten den Unfallhergang, d. h. also die Bruchmechanik, die zu den auf den Röntgenbildern sichtbaren Frakturlinien führte, zu rekonstruieren. Wenn anamnestische Angaben über den Unfallmechanismus völlig fehlen ist es schwer, ja unmöglich, aus dem Verlauf der Frakturlinien auf den Unfallhergang rückzuschließen; man kann nur gewisse Rückschlüsse auf die Bruchmechanik ziehen. Es ist durchaus denkbar, daß es einmal möglich sein wird, nach weiterem Ausbau und weiterer Verfeinerung mit Hilfe dieser Methode genaue Frakturanalysen herzustellen. Eine genaue Frakturanalyse könnte forensische Bedeutung erlangen, sei es in strafrechtlicher oder in versicherungsrechtlicher Art, wenn es möglich wäre, gewisse Schilderungen über den Unfallhergang aus dem Verlauf der Frakturlinien heraus als unmöglich abzulehnen, was durchaus denkbar ist.

Bei den Rekonstruktionsversuchen hat sich gezeigt, daß es keine spezielle Bruchmechanik für Doppelfrakturen gibt. Doppel- und Mehrfachfrakturen eines Knochens lassen sich meist auf typische, nacheinander ablaufende Bruchmechanismen zurückführen, die während eines Unfallgeschehens wirken. Es war sicher möglich, die einzelnen Bruchmechanismen zeitlich zu differenzieren. Beispielsweise ist es nicht denkbar, daß eine Torsionsfraktur des Humerus nach einer Querfraktur im Bereich des chirurgischen Halses eintritt.

Für die Entstehung von Doppelfrakturen ist neben einer gewissen Energie, die zur Erzeugung von mehreren Frakturen ausreicht (Sturz aus beträchtlicher Höhe), auch der Ansatzpunkt der Kräfte wichtig. Eine Doppelfraktur kann leichter entstehen, wenn beispielsweise durch Sturz zuerst eine Fraktur im Bereich des unteren Drittels des Knochens eintritt, weil nach der Vollendung dieser Fraktur die restlichen beiden Drittel des Knochens einen Angriffspunkt für die durch die erste Fraktur nicht erschöpften Kräfte darstellen. Läge die erste Fraktur im Bereich des mittleren oder oberen Drittels, so wären die Möglichkeiten zur Erzeugung einer weiteren Fraktur kleiner.

Doppelfrakturen bzw. Mehrfachfrakturen werden durch den zweifachen bzw. mehrfachen Ablauf von einfachen Frakturmechanismen erzeugt. Um einen tieferen Einblick in die Ursachen, die zu Doppelfrakturen führen zu erhalten, ist es also lediglich notwendig, die Gründe zu erforschen, die zu einfachen Oberarmfrakturen führen. Es dürfte nicht schwer fallen, an einer großen Klinik durch Erhebung von genauen Anamnesen festzustellen, welche Ursachen und welche Bruchmechanismen zu den verschiedenen Frakturen am Oberarm führen. So müßte es bald möglich sein, für jede Fraktur eine bestimmte, sie erzeugende Bruchmechanik zu finden. Die Aufstellung derartiger Statistiken ist unbedingt erforderlich.

Wir haben den Begriff der Doppelfraktur sehr begrenzt. So scharf können die Grenzen nicht gezogen werden. Eigentlich müssen wir alle Knochenverletzungen, bei denen deutlich zwei Bruchmechanismen abgelaufen sind, zu den Doppelfrakturen zählen, ganz gleich, ob sich später die einzelnen Bruchlinien berühren oder nicht.

LITERATURVERZEICHNIS

- 1) Bardenheuer, B.: Die allgemeine Lehre von den Frakturen und Luxationen
Stuttgart 1907 - Enke Verlag
- 2) Bartelheimer, H.,
Schmitt-Rohde, J.F.: Die Biopsie des Knochens als differential-diagnostische klinische Methode.
Klin. Wschr. 35, 9 (1957) : 429
- 3) Bauer, K.H.: Frakturen und Luxationen
Berlin 1927 - Springer Verlag
- 4) Baumecker, H.: Knochenbrüche und Verrenkungen
Leipzig 1938 - Quelle und Meyer
- 5) Böhler, L.: Die Technik der Knochenbruchbehandlung. Verlag Maudrich
Wien 1951 - 12-13 Auflage
- 6) Burckhardt, Hans: Der Mechanismus der Fraktur-entstehung. Arch. Klin. Chir.
185 (1936) : 428
- 7) Clara, M.: Entwicklungsgeschichte des Menschen, Thieme Verlag
Leipzig 1955 5. Auflage
- 8) Cotta, H., Dettmer, N.: Ergebnisse der Bindegewebsforschung und ihre Bedeutung für Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates
Arch. orthop. und Unfall Chir.
52 (1960) : 217
- 9) Dirksen, E.: Über Doppelfrakturen der langen Knochen - Fischers Medicinische Buchhandlung - Berlin 1885
- 10) Göcke, C.: Physiologische Mechanik
In: Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik, II. Teil
Leipzig 1930 Barth Verlag
- 11) Göcke, C.: Das Verhalten spongiöser Knochen im Druck und Schlagversuch
Verh. Dtsch. Orthop. Ges. 20 Congr.
F. Enke, Stuttgart 1925

- 12) Grashey, R.: Lehmanns medizinische Atlanten
Bd. 5 - Typische Röntgenbilder vom
normalen Menschen - J. F. Lehmanns
Verlag, München 1928
- 13) Grebe, P.: Der Große Duden, Band 4, Grammatik
Dudenverlag - Mannheim 1959
- 14) Grundmann, G.: Knochenbrüche und Verrenkungen
im Krampfanfall - Erg. Chir. Orth.
41 (1958) : Seite 145
- 15) Gurlt, E.: Handbuch der Lehre von den Knochen-
brüchen
a) Erster oder allgemeiner Teil
Verlag Max Hirsch - Berlin 1862
b) Zweiter Teil
Grotesche Buchhandlung
Hamm 1864
- 16) Haase, W.: Technisch-physikalische Untersuchun-
gen an Knochenbrüchen
Bruns Beitr. 164 (1936) : 243
- 17) Haase, W.: Schubebenen und Zerrüttungszonen
beim Knochenbruch
Arch. Orthop. Unfall-Chir. 37 (1937) : 592
- 18) Haase, W.: Schubkräfte beim Knochenbruch
Zbl. f. Chir. 1518 (1938)
- 19) Hamilton, F.H.: Knochenbrüche und Verrenkungen
deutsch von Dr. A. Rose nach der 5. Aufla-
ge des englischen Originals
Göttingen 1877 Vandenhoeck & Ruprechts
Verlag
- 20) Heuler, M.M.: Besteht eine Korrelation zwischen Alter
und Knochenstruktur
Z. Zellforsch. 7, (1923) : 41
- 21) Hoffa, A.: Lehrbuch der Frakturen und Luxationen
Würzburg 1896 - Stahel'sche Verlags-
anstalt - 3. Auflage
- 22) Hoffa, A.: Lehrbuch der Orthopäd. Chirurgie
5. Auflage, Enke Stuttgart 1905
- 23) Hübner, A.: Frakturen und Luxationen
Springer Berlin 1948

- 24) Jaeger, M.: Über Frakturen - Weygandsche Verlagsbuchhandlung, Leipzig 1837
- 25) Key, J.A., and
Conwell, H.E.: The Management of Fractures, Dislocations and Sprains
Henry Kimpton - London 1935
- 26) Knese, K.-H.: Knochenstruktur als Verbundbau
Thieme Stuttgart 1958 - 1. Auflage
- 27) Kocher, T.: Beiträge zur Kenntnis einiger praktisch wichtiger Frakturformen
Gustav Fischer, Jena - Basel 1896
- 28) Kocher, T.: Chirurgische Operationslehre
Fischer Jena 1907
- 29) Küntscher, G.: Die Darstellung des Kraftflusses im Knochen
Zbl. f. Chir. 2130 (1934)
- 30) Küntscher, G.: Experimentelle Erzeugung von Überlastungsschäden am Knochen
Zbl. Chir. 964 (1938)
- 31) v. Lanz, T.,
Wachsmuth, W.: Praktische Anatomie; Erster Band, dritter Teil Arm
Springer Berlin 1959 - 2. Auflage
- 32) Lange, M.: Orthopädisch-chirurgische Operationslehre - Bergmann München 1951
1. Auflage
- 33) Lange, M.: Unfallorthopädie
Enke Stuttgart 1949
- 34) Matti, H.: Die Knochenbrüche und ihre Behandlung
Springer Berlin 1918 - 2. Auflage
- 35) Magnus, G.: Frakturen und Luxationen
Springer Berlin 1923
- 36) v. Mebes, J.: Die Knochenbrüche, ihre Entstehung, Diagnose und Heilung - Verlag von F.A. Reichel - Bautzen 1845
- 37) Messerer, O.: Über Elastizität und Festigkeit der menschlichen Knochen
Cotta, Stuttgart 1880
- 38) v. Meyer, H.: Die Architektur der Spongiosa. Arch. f. Anatomie, Physiologie von Reichert und Dubois 1867

- 39) Meyer, Fr. G.,: Die Lehre von den Frakturen
Verlag Albert Förster Berlin 1843
- 40) Mordeja, J.: Über mehrfache Knochenbrüche
Zeitschrift für Orthopädie und ihre
Grenzgebiete - Enke Stuttgart, 1955,
85 Band, Seite 383
- 41) Müller, R.: Altindische Lehren von den Knochen-
brüchen - Ergeb. der Chir. und Orthop.
35 (1949) : 230
- 42) Müller, W.: Die normale und pathologische Physiolo-
gie des Knochens - Barth, Leipzig 1924
- 43) Pauwels, F.: Die Bedeutung der Bauprinzipien des
Stütz- und Bewegungsapparates für die Be-
anspruchung der Röhrenknochen
Erster Beitrag zur funktionellen Morpho-
logie des Stützapparates
Z. Anat. 114, (1948) : 129
- 44) Pauwels, F.: Die Bedeutung der Muskelkräfte für die
Beanspruchung des Röhrenknochens wäh-
rend der Bewegung der Glieder
Z. Anat. 115, (1950) : 327
- 45) Pick, P.: Frakturen und Luxationen
E. Haberland, Leipzig 1891
- 46) Preiss, G.A.: Knochenbruch und Knochenbruchheilung
Aus Lehrbuch der Röntgendiagnostik
Band I, von Schinz, H., Baensch, W.E.,
Friedl, E., Uehlinger, E.,
Thieme Stuttgart 1952
- 47) De Quervain, F.: unter Mitarbeit von Christen, Th. und
Iselin, H. nach Mitteilungen und Aufzeich-
nung des verstorbenen Dr. H. Zuppinger
(Zürich) - Kurzgefaßte Lehre von den
Knochenbrüchen mit besonderer Berück-
sichtigung ihrer Mechanik und Biologie
Verlag F. C. Vogel, Leipzig 1913
- 48) Ravoth, F.: Handbuch der Frakturen, Luxationen
und Bandagen - A. Hirschwald, Berlin 1870
2. Auflage
- 49) Rauber, A.: Elastizität und Festigkeit der Knochen
Engelmann, Leipzig 1876

- 50) Richter, A.: Theoretisch-praktisches Handbuch der Lehre von den Brüchen und Verrenkungen der Knochen - Enslin Berlin 1828
- 51) Richter, A.: Lehrbuch von den Brüchen und Verrenkungen der Knochen
Enslin Berlin 1833
- 52) Schäfer, A.: Frakturen und Luxationen
Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft
Stuttgart 1948
- 53) Schinz, H.R., Baensch, W.E.,
Friedl, E. und Uehlinger, E.: Lehrbuch der Röntgendiagnostik
Band I, Teil 1
Thieme
Stuttgart 1952
- 54) Schinz, H.R. und Brandenberger, E.: Momentanbruch und Dauerbruch des Knochens - Spontanfraktur 1. und 2. Art.
Zeitschr. f. Unfallmed. und Berufskrankheiten - 37 (1944) : 2
- 55) Sinclair, M.: Fractures Constable, London 1931
- 56) Stetter, G.: Compendium der Lehre von den Frakturen
G. Reimer, Berlin 1895, Dritte Auflage
- 57) Triepel, H.: Einführung in die physikalische Anatomie
J. F. Bergmann Wiesbaden 1902
- 58) Voss, H.; Herrlinger, R.: Taschenbuch der Anatomie
Fischer Jena 1955 6. 7. Auflage
- 59) Wilson, D.: Experience in the Management of Fractures and Dislocations by the staff of the fracture service Massachusetts General Hospital,
Boston, London 1938 Lippincott
- 60) Witt, A.N.: Traumatische Schäden des Bewegungssystems in Handbuch der Orthopädie, Band I
von Hohmann, G., Hackenbroch, M., Lindemann, K.
Thieme Stuttgart 1957
- 61) Witt, A.N., Dettmer, N.: Über Alterungsprobleme aus der Sicht der Orthopädie
Arch. Orthop. Unfall-Chir. 54 (1962) : 532

LEBENS LAUF

Am 7. März 1935 wurde ich als Sohn des kaufmännischen Angestellten Walter Oberholz und seiner Ehefrau Anna, geb. Gohlke in Berlin geboren.

Von 1941 bis 1943 besuchte ich in Berlin eine Volksschule. Nach Kriegsende setzte ich meine Ausbildung an der Friedrich-Engels-Schule, einer Oberschule des Wissenschaftlichen Zweiges in Berlin-Reinickendorf, fort. Im März 1955 legte ich die Reifeprüfung ab.

Im gleichen Jahr begann ich mit dem Studium der Medizin an der Freien Universität Berlin, an der ich im Oktober 1957 die ärztliche Vorprüfung bestand.

Die klinischen Semester belegte ich in Berlin, Hamburg und Tübingen. Im Februar 1961 beendete ich in Tübingen mein Studium mit dem Medizinischen Staatsexamen.

